



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EMULSIFICANTE NA DIETA DE CODORNAS JAPONESAS COM  
DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS**

FELIPE CARDOSO SERPA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, com parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal.

Dourados – MS  
Março de 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EMULSIFICANTE NA DIETA DE CODORNAS JAPONESAS COM  
DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS**

FELIPE CARDOSO SERPA  
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Garófallo  
Garcia

Co-orientadores: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudia Marie  
Komiya

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria  
Fernanda de Castro Burbarelli

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Zootecnia da  
Universidade Federal da Grande  
Dourados, como parte das exigências  
para obtenção do título de Mestrado em  
Zootecnia.

Área de Concentração: Produção  
Animal.

Dourados – MS  
Março de 2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

S486e	<p>Serpa, Felipe Cardoso. Emulsificante na dieta de codornas japonesas com diferentes fontes lipídicas. / Felipe Cardoso Serpa. – Dourados, MS: UFGD, 2022.</p> <p>Orientador: Prof. Rodrigo Garófallo Garcia. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Produção avícola. 2. Sebo bovino. 3. Gordura de aves. 4. Óleo de soja. 5. Coturnicultura. I. Título.</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

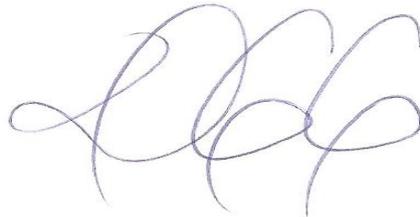
**EMULSIFICANTE NA DIETA DE CODORNAS JAPONESAS COM  
DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS**

por

**Felipe Cardoso Serpa**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do  
título de MESTRE EM ZOOTECNIA

Aprovado em: 07/03/2022



---

Dr. Rodrigo Garófallo Garcia  
Orientador – UFGD



---

Dr. Daclely Hertes Neu  
UFGD



---

Dr. Rodrigo Borille  
UFSM – Palmeira das Missões

**A minha família e a noiva Diandra, aos meus orientadores e a CAPES.**

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter guiado meus passos e pensamentos, sendo tão bondoso comigo até aqui.

A minha namorada Diandra e minha família, que me deram suporte, incentivo e superaram minha ausência e a distância.

À universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), especialmente a Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), pela oportunidade de realização deste curso. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao querido Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia pela orientação acadêmica, amizade, conhecimento, companheirismo, compreensão, incentivo, oportunidades ofertadas. Obrigada por sempre acreditar e confiar em mim!

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Fernanda de Castro Burbarelli, pela co-orientação, amizade, paciência, companheirismo, educação, conhecimento (principalmente estatístico), ajuda durante a parte prática humildade e dedicação.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Fabiana Ribeiro Caldara pelo auxílio e sugestões.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudia Marie Komiyama pela co-orientação, por ser solícita em todos os momentos e auxiliar nas correções e sugestões.

Aos irmãos da avicultura, além da Maria Fernanda, Jean Kaique, Vivian Castilho pela ajuda, companheirismo, pelos mates, tererés, comidas, risadas, reclamações, conversas (e muitas).

Obrigada pelas contribuições científicas, correções, artigos, eventos científicos, resumos, formamos uma grande equipe!

Aos técnicos da FCA, em especial a Adriana, que sempre me auxiliaram durante as análises, com muita educação e conhecimento, cedendo equipamentos, espaço e instrumentos depositando confiança no meu trabalho.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Zootecnia que compartilharam conhecimento e experiências durante a jornada acadêmica. Obrigado por contribuírem com minha formação! Muito obrigado!

A CAPES, pelo incentivo financeiro no decorrer do período de mestrado.

A empresa Fujikura, pela doação dos animais utilizados na presente pesquisa.

*“ Vencer meus medos e seguir em frente de cabeça erguida”*

## Sumário

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	8
<b>REVISÃO DE LITERATURA: INTERAÇÃO ENTRE FONTES LIPÍDICAS E ADITIVO EMULSIFICANTE NA ALIMENTAÇÃO DE AVES</b> .....	8
1. Introdução .....	10
2. Desenvolvimento .....	11
3. Revisão de literatura .....	12
3.1 Definição e Caracterização dos lipídeos .....	12
3.2 Classificação .....	12
3.3 Digestão e absorção dos lipídios .....	14
3.5 Utilização de lipídios na nutrição de aves .....	16
3.6 Utilização de lipídeos em dietas de codornas .....	18
3.7 Óleo de soja .....	20
3.8 Gordura de aves .....	22
3.9 Sebo Bovino .....	23
3.10 Caracterização e utilização de emulsificantes .....	24
4. Conclusões .....	28
5. Referências .....	28
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	39
<b>EMULSIFICANTE EM DIETAS CONTENDO DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS ALTERNATIVAS: EFEITOS NA SAÚDE DE CODORNAS JAPONESAS</b> .....	39
<b>EMULSIFICANTE EM DIETAS CONTENDO DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS ALTERNATIVAS: EFEITOS NA SAÚDE DE CODORNAS JAPONESAS</b> .....	40
1. Introdução .....	43
2. Metodologia .....	44
2.1. Abate e coleta de órgãos .....	47
2.2. Biometria do trato digestivo e reprodutivo .....	47
2.3. Histologia dos órgãos .....	47
2.4. Análise estatística .....	48
3. Resultados e Discussão .....	48
4. Conclusão .....	55
5. Referências .....	55
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	61
<b>ESTABILIDADE DA QUALIDADE DE OVOS E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE OVOS DE CODORNAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS COM ADIÇÃO DE EMULSIFICANTE.</b> .....	61

<b>1. Introdução</b> .....	65
<b>2. Metodologia</b> .....	66
<b>3.1 Desempenho</b> .....	68
<b>3.2 Digestibilidade dos nutrientes</b> .....	69
<b>3.3 Qualidade dos ovos</b> .....	71
<b>3.3.1 Gravidade específica</b> .....	71
<b>3.3.2 Coloração da gema</b> .....	72
<b>3.3.3 Altura e diâmetro da gema e albúmen</b> .....	72
<b>3.3.4 Peso e percentagem da gema, albúmen e casca</b> .....	72
<b>3.3.5 Unidade de Haugh</b> .....	72
<b>3.3.6 Espessura de casca</b> .....	73
<b>3.3.7 Índice de gema</b> .....	73
<b>3.4 Perfil de ácidos graxos da gema</b> .....	73
<b>3.5 Análise estatística</b> .....	74
<b>4 Resultados e discussão</b> .....	75
<b>5 Conclusões</b> .....	95
<b>6 Referências</b> .....	95

## ÍNDICE DE TABELAS

### Capítulo 2

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais formuladas.45

Tabela 2. Peso relativo e tamanho dos órgãos de codornas japonesas utilizando em sua dieta diferentes fontes lipídicas com e sem inclusão de emulsificante na dieta.49

Tabela 3. Peso relativo e tamanho do trato reprodutivo de codornas japonesas alimentadas com diferentes fontes lipídicas, com e sem inclusão de emulsificante em suas formulações.52

Tabela 4. Medidas histológicas do segmento duodeno de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem inclusão de emulsificante na dieta.53

### Capítulo 3

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais formuladas.67

Tabela 2. Porcentagem de ácidos graxos encontrados nas dietas formuladas.74

Tabela 3. Desempenho de codornas japonesas com ou sem inclusão de emulsificante em diferentes fontes lipídicas.75

Tabela 4. Energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMan/kcal/kg), coeficiente metabolizável para matéria seca (CMMS), coeficiente metabolizável proteína bruta (CMPB), coeficiente metabolizável matéria mineral (CMMM) e coeficiente metabolizável para extra.79

Tabela 5. Qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem emulsificante na dieta.84

Tabela 6. Variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem emulsificante na dieta em diferentes períodos de armazenamento.87

Tabela 7. Variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem emulsificante na dieta em diferentes períodos de armazenamento.90

Tabela 8. Ácidos graxos da gema dos ovos alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem emulsificante na dieta em diferentes dias de armazenamento.93

## RESUMO GERAL

Serpa, F. C. **Emulsificante na dieta de codornas japonesas com diferentes fontes lipídicas**. 2021. 100 p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

A presente dissertação é apresentada em 3 capítulos, sendo uma revisão de literatura e dois artigos oriundos do experimento a campo. **CAPÍTULO 1:** A revisão bibliográfica tem por objetivo elucidar os principais avanços relacionados à utilização de fontes lipídicas e a inclusão de emulsificantes nas dietas de aves de produção e as suas relações com o desempenho e saúde animal. Buscando-se relatos nas principais bases de pesquisa Web of Science, Google Scholar e Science Direct. Na cadeia avícola a utilização de fontes lipídicas e emulsificantes vem demonstrando ser eficaz em relação a melhoria da produção e no tocante a viabilidade econômica. A ingestão de lipídeos é de suma importância, não só para suprir as exigências e necessidades das aves, mas também tendo função na palatabilidade da ração e na digestibilidade de outros nutrientes, fatores estes que possuem total influência na saúde e no desempenho das aves. A inclusão de emulsificantes na dieta pode melhorar a digestibilidade dos lipídeos, conseqüentemente melhorar a absorção dos nutrientes, resultando em melhora na disponibilidade da energia, melhorias no desempenho, aumento da deposição de ácidos graxos na gema dos ovos e redução da deposição de gordura nas carcaças. **CAPÍTULO 2:** Objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a inclusão do aditivo emulsificante à base de mono e diglicerídeos de ácidos graxos, em dietas formuladas com diferentes fontes lipídicas sobre a histologia dos órgãos digestivos, biometria do trato reprodutivo e digestivo em codornas japonesas (*Coturnix coturnix japônica*). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial de 3x2 com três fontes lipídicas (Óleo de soja, gordura de aves e sebo bovino), suplementados ou não com emulsificante, seguindo duas estratégias nutricionais: dieta formulada para atender as exigências nutricionais propostas por INRA (1999) e dieta formulada com redução de 96 Kcal/kg de ração e acrescida do emulsificante Lipocel (g/ton). Foram compostas 9 repetições por tratamento com 5 aves por unidade experimental, totalizando 270 aves. A utilização de emulsificante em diferentes

fontes lipídicas de baixa qualidade apresentou resultados satisfatórios, visto que a conversão por dúzias e ovos comercializáveis apresentaram resultados melhores com as fontes lipídicas alternativas e a redução de energia da dieta não apresentou alterações significativas na produção de ovos, ou seja, não prejudicando seu desempenho. **CAPÍTULO 3:** Teve por objetivo avaliar desempenho das aves, digestibilidade, a qualidade dos ovos de codornas japonesas (*Coturnix coturnix coturnix*), assim como a qualidade dos ovos armazenados por período de armazenamento em prateleira, e o perfil de ácidos graxos da gema. As diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão de emulsificantes para qualidade de ovos e em diferentes períodos de armazenamento apresentaram resultados importante como para Unidade de Haugh (UH) e para peso de gema, demonstrando que as diferentes fontes lipídicas como sebo e a gordura de aves podem ser excelentes alternativas para nutrição de codornas japonesas. Bem como para o armazenamento tempo de prateleira, que a utilização de sebo bovino apresentou maior peso de ovos quando comparados com as demais fontes. Assim como para o desempenho das aves melhorando interação dos diferentes tratamentos na produção de ovos comercializáveis. A digestibilidade em EMAn (Kcal/kg), apresentou diferença quando utilizando o aditivo emulsificante independentemente da fonte lipídica utilizada. Esses resultados demonstram que as fontes lipídicas alternativas podem se tornar usuais para formulações de dietas com redução energética em codornas japonesas.

**Palavras-chave:** sebo bovino, gordura aves, óleo de soja, nutrição, ovos.

## ABSTRACT

Serpa, F. C. **Emulsifier in Japanese quail diet with different lipid sources.** 2021. 100p. Dissertation (master's degree) – Faculty of Agricultural Sciences, Federal University of Grande Dourados.

The present dissertation is presented in 3 chapters, being a literature review and two articles from the field experiment. **CHAPTER 1:** The bibliographic review aims to elucidate the main advances related to the use of lipid sources and the inclusion of emulsifiers in poultry diets and their relationship with performance and animal health. Searching for reports in the main research databases Web of Science, Google Scholar and Science Direct. In the poultry chain, the use of lipid sources and emulsifiers has proven to be effective in terms of improving production and in terms of economic viability. The ingestion of lipids is of paramount importance, not only to meet the requirements and needs of the birds, but also having a role in the palatability of the feed and in the digestibility of other nutrients, factors that have a total influence on the health and performance of the birds. The inclusion of emulsifiers in the diet can improve lipid digestibility, consequently improving nutrient absorption, resulting in improved energy availability, performance improvements, increased deposition of fatty acids in egg yolks and reduced fat deposition in carcasses. **CHAPTER 2:** The objective of this work was to evaluate the inclusion of an emulsifying additive based on mono and diglycerides of fatty acids in diets formulated with different lipid sources on the histology of Organs digestive organs, biometry of the reproductive and digestive tract in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). The design used was completely randomized, with a 3x2 factorial arrangement with three lipid sources (soybean oil, poultry fat and bovine tallow), supplemented or not with an emulsifier, following two nutritional strategies: diet formulated to meet the nutritional requirements proposed by INRA (1999) and diet formulated with a reduction of 96 Kcal/kg of feed and added Lipocel emulsifier (g/ton). Nine repetitions were composed per treatment with 5 birds per experimental unit, totaling 270 birds. The use of emulsifier in different low quality lipid sources showed satisfactory results, since the conversion by dozens and marketable eggs showed better results with alternative lipid sources and the reduction of

energy in the diet did not show significant changes in egg production, i.e. not impairing its performance. **CHAPTER 3:** The objective was to evaluate the performance of birds, digestibility, the quality of Japanese quail eggs (*Coturnix coturnix*), as well as the quality of eggs stored by period of storage on the shelf, and the profile of fatty acids in the yolk. The different lipid sources with or without the inclusion of emulsifiers for egg quality and at different storage periods showed important results for the Haugh Unit (HU) and yolk weight, demonstrating that the different lipid sources such as tallow and poultry fat can be excellent alternatives for Japanese quail nutrition. As well as for storage shelf life, the use of bovine tallow showed higher egg weight when compared to the other sources. As well as for the performance of the birds, improving the interaction of the different treatments in the production of marketable eggs. Digestibility in EMAn (Kcal/kg) showed a difference when using the emulsifier additive regardless of the lipid source used. These results demonstrate that alternative lipid sources can become common for formulating energy-reduced diets for Japanese quails.

**Keywords:** bovine tallow, poultry fat, soybean oil, nutrition, eggs.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na produção avícola, a nutrição ocupa lugar de destaque, pois o custo com alimentação é de aproximadamente 60 a 70% do custo total de produção. Tendo lugar de destaque no Brasil, a coturnicultura tem se tornado uma atividade de interesse econômico, principalmente na exploração comercial de codornas de postura. Devido as características como rápido crescimento inicial, precocidade de postura, rápida maturidade sexual, elevada prolificidade, tudo isso aliado a um pequeno consumo de ração e rápido retorno do capital de investimento (CARVALHO et al., 2009).

Dados trazidos pelo IBGE (2020) sobre a coturnicultura no Brasil demonstram um crescimento de 3,4% na população de animais, com aproximadamente 17,4 milhões de aves, representando um aumento de 5,9% na produção de ovos, totalizando 315,6 milhões de dúzias de ovos.

No ponto de vista da nutrição, a energia fornecida via dieta está entre os principais pontos de relevância na produção de aves de postura, esta representação somado aos demais nutrientes, apresenta consequências sobre a qualidade dos ovos (Costa et al., 2009). Dentre os ingredientes necessários para o desenvolvimento das aves, temos por destaque os lipídeos que são fontes de ácidos graxos, atuando em diversas funções metabólicas do organismo animal. Uma das funções mais importantes das fontes lipídicas é o fornecimento de energia para as aves, devido a sua alta densidade energética (Rover & Excentials, 2014).

As adequações nutricionais necessárias, como os ácidos graxos, podem ocorrer via dieta fornecida e formulada de acordo com as exigências recomendadas para cada fase do animal, adicionando fontes lipídicas ricas em ácidos graxos, advindas de óleos de origem vegetal e/ou gordura animal. Vários benefícios são verificados quando se utiliza corretamente as dosagens dessas fontes nas rações para os animais de produção, a sua ingestão é fundamental, não só apenas para suprir as necessidades, mas também para suprir suas exigências em ácidos graxos essenciais, transportando vitaminas lipossolúveis e melhorando a palatabilidade das rações fornecidas (Fonseca et al., 2018).

Para atingir níveis adequados de energia nas dietas de aves é imprescindível que o nutricionista utilize óleo vegetal e/ou gordura animal para

atingir as exigências energéticas dos animais. As gorduras não somente colaboram com a energia na dieta, como são representantes de uma gama de ingredientes os quais contribuem consideravelmente na parcela de nutrientes muito importante para o equilíbrio nutricional adequado, fornecendo os substratos necessários para um bom funcionamento do organismo. Alguns nutrientes tidos como essências, devem advir da dieta devido não serem bioquimicamente produzidos no metabolismo.

Já existem relatos de pesquisas realizadas utilizando sebo bovino (OLIVEIRA et al., 2011; FERREIRA, 2004), e gordura de aves (WANG et al., 2019) em substituição ao óleo de soja na dieta animal, porém ainda são incipientes os estudos relacionados à nutrição de codornas. Além de produtos alternativos como sebo bovino e gordura de aves, outras ferramentas auxiliam na redução dos custos de produção referentes à dieta animal, como a inserção de emulsificantes na ração.

Emulsificantes são agentes ativos que facilitam a interface entre lipídeo e a água, reduzindo a tensão superficial e a energia necessária à formação de emulsão (ARAÚJO, 2011). Estes compostos são capazes de modificar as propriedades de superfícies, sólidas ou líquidas, facilitando no processo de digestão. Algumas macromoléculas como proteínas e alguns polissacarídeos podem atuar como emulsificantes, conferindo estabilidade à emulsão por longos períodos (Aguilar et al., 2013).

Resultados referentes ao uso de emulsificantes em dietas de codornas poedeiras associado a diferentes fontes lipídicas são escassos na literatura. Estes produtos proporcionam redução no custo de produção e, conseqüentemente, melhoria na renda dos produtores, economizando o uso de ingredientes na formulação de rações. As diferentes fontes lipídicas podem agir como um enriquecedor das dietas das aves, de forma a melhorar composição de ácidos graxos da gema do ovo, visando a melhoria da saúde humana, a saúde das aves e principalmente no seu desempenho.

Portanto, atualmente busca-se produtos alternativos para produção animal, como o uso de sebo bovino e gordura de aves, e nesse ínterim, o objetivo desta dissertação é elucidar os principais pontos e avanços relacionados com a utilização de diferentes fontes lipídicas na nutrição de aves de produção,

relacionando o desempenho e saúde dos animais e seu poder no enriquecimento e qualidade dos ovos.

## CAPÍTULO 1

### REVISÃO DE LITERATURA: INTERAÇÃO ENTRE FONTES LIPÍDICAS E ADITIVO EMULSIFICANTE NA ALIMENTAÇÃO DE AVES

*Artigo redigido conforme as normas da revista: Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*

*Percentil Scopus: 55%*

**RESUMO:** Esta revisão bibliográfica tem por objetivo elucidar os principais avanços relacionados à utilização de fontes lipídicas e a inclusão de emulsificantes nas dietas de aves de produção e as suas relações com o desempenho e saúde animal. A metodologia utilizada para elaboração desta revisão foi a pesquisa por artigos científicos nas principais bases de pesquisa, Web of Science, Google Scholar e Science Direct. Para limitar a quantidade de artigos, optou-se pela busca em artigos científicos publicados nos últimos 20 anos (2002-2022) que abordassem o assunto como: fontes lipídicas, nutrição de aves, produção de codornas, nutrição de codornas, aditivo emulsificante, óleo de soja, sebo bovino e gordura de aves na alimentação de aves de produção. As pesquisas relacionadas a alimentação funcional na saúde humana apresentam uma grande diversidade, seja apresentando as relações benéficas do consumo dos alimentos ou as características dos alimentos e sua composição nutricional como suas características ácidos graxos polinsaturados podem proporcionar à saúde humana. Assim como pesquisas de que forma possamos diminuir os custos da nutrição de aves de produção. Na cadeia avícola a utilização de fontes lipídicas vem demonstrando ser eficaz em relação a melhoria da produção e no tocante a viabilidade econômica. A ingestão de lipídeos é de suma importância, não só para suprir as exigências e necessidades das aves, mas também tendo função na palatabilidade da ração e na digestibilidade de outros nutrientes, fatores estes que têm total influência na saúde e no desempenho das aves.

**Palavras-chaves:** Produção avícola; Sebo bovino; Gordura de aves; Óleo de soja.

**ABSTRACT:** This bibliographic review aims to elucidate the main advances related to the use of lipid sources and the inclusion of emulsifiers in poultry diets and their relationship with performance and animal health. The methodology used to prepare this review was the search for scientific articles in the main research databases, Web of Science, Google Scholar and Science Direct. To limit the number of articles, we chose to search for scientific articles published in the last 20 years (2002-2022) that addressed subjects such as: lipid sources, poultry nutrition, quail production, quail nutrition, emulsifying additive, oil of soy, bovine tallow and poultry fat in poultry feed. Research related to functional nutrition in human health presents a great diversity, whether presenting the beneficial relationships of food consumption or the characteristics of foods and their nutritional composition as their characteristics polyunsaturated fatty acids can provide to human health. As well as research on how we can reduce the costs of feeding poultry for production. In the poultry chain, the use of lipid sources has proven to be effective in terms of improving production and in terms of economic viability. The ingestion of lipids is of paramount importance, not only to meet the requirements and needs of the birds, but also having a role in the palatability of the feed and in the digestibility of other nutrients, factors that have a total influence on the health and performance of the birds.

**Keywords:** Poultry production; bovine tallow; Poultry fat; Soy oil.

## 1. Introdução

As adequações necessárias dos nutrientes, como os ácidos graxos, podem ocorrer via dieta fornecida e formulada de acordo com as exigências recomendadas para cada fase do animal, adicionando fontes lipídicas ricas em ácidos graxos, advindas de óleos de origem vegetal e/ou gordura animal. Vários benefícios são verificados quando se utiliza corretamente as dosagens dessas fontes nas rações para os animais de produção, a sua ingestão é fundamental, não só apenas para suprir as necessidades, mas também para suprir suas exigências em ácidos graxos essenciais, transportando vitaminas lipossolúveis e melhorando a palatabilidade das rações fornecidas (Fonseca et al., 2018).

Para atingir níveis adequados de energia nas dietas de aves é imprescindível que o nutricionista utilize óleo vegetal e/ou gordura animal para atingir as exigências energéticas dos animais. As gorduras não somente colaboram com a energia na dieta, como são representantes de uma gama de ingredientes, os quais contribuem consideravelmente na parcela de nutrientes muito importante para o equilíbrio nutricional adequado, fornecendo os substratos necessários para um bom funcionamento do organismo. Alguns nutrientes tidos como essenciais, devem advir de a dieta devido não serem bioquimicamente produzidos no metabolismo.

Já existem relatos de pesquisas realizadas utilizando sebo bovino (OLIVEIRA et al., 2011; FERREIRA, 2004), e gordura de aves (WANG et al., 2019) em substituição ao óleo de soja na dieta animal, porém, ainda são escassos os estudos relacionados à nutrição de codornas. Além de produtos alternativos como sebo bovino e gordura de aves, outras ferramentas auxiliam na redução dos custos de produção referentes à dieta animal, como a inserção de emulsificantes na ração.

Emulsificantes são agentes ativos que facilitam a interface entre lipídeo e a água, reduzindo a tensão superficial e a energia necessária à formação de emulsão (ARAÚJO, 2011). Estes compostos são capazes de modificar as propriedades de superfícies, sólidas ou líquidas, facilitando no processo de digestão. Algumas macromoléculas como proteínas e alguns polissacarídeos podem atuar como emulsificantes, conferindo estabilidade à emulsão por longos períodos (Aguilar et al., 2013).

Resultados referentes ao uso de emulsificantes em dietas de codornas poedeiras associado a diferentes fontes lipídicas são escassos na literatura. Estes produtos proporcionam redução no custo de produção e, conseqüentemente, melhoria na renda dos produtores, economizando o uso de ingredientes na formulação de rações. As diferentes fontes lipídicas podem agir como um enriquecedor das dietas das aves, de forma a melhorar composição de ácidos graxos da gema do ovo, visando melhoria da saúde humana, a saúde das aves, mantendo o seu desempenho.

Portanto, atualmente busca-se produtos alternativos para produção animal, como o uso de sebo bovino e gordura de aves. O objetivo desta revisão é elucidar os principais pontos e avanços relacionados com a utilização de diferentes fontes lipídicas na nutrição de aves de produção, relacionando o desempenho e saúde dos animais e seu poder no enriquecimento e qualidade dos ovos.

## **2. Desenvolvimento**

Essa revisão foi realizada a partir de uma busca bibliográfica embasada em diferentes publicações encontradas em banco de dados. A busca por artigos foi realizada nas seguintes bases de pesquisa literária eletrônica: Web of Science e Google Scholar. Para limitar a quantidade de artigos, optou-se pela busca em artigos científicos publicados nos últimos 20 anos (2002-2022), utilizando termos de busca associados ou não, no plural ou singular, em inglês e em português, como: “lipids; “poultry production”; “fatty acids”; e “Emulsificantes”. Em todas as palavras o código booleano utilizado foi o AND, para encontrar artigos científicos que possuíam uma e outra palavra em seus indexadores.

Após análise dos arquivos nas duas bases científicas Web of Science e Google Scholar, foram excluídos arquivos por não se enquadrarem na temática ou por não atenderem os critérios de inclusão e artigos repetidos. Assim, foram selecionados arquivos, após o teste de relevância para uso no estudo, os mesmos foram tabulados em planilha do Excel® com as informações que são relevantes, para exploração na revisão.

### 3. Revisão de literatura

#### 3.1 Definição e Caracterização dos lipídeos

Compostos de ocorrência na natureza, os lipídeos podem ser definidos como moléculas orgânicas naturais, isoladas a partir de células e de tecidos, que tem sua extração através de solventes orgânicos não polares (Liberato & Oliveira, 2019). Formados por compostos de cadeia linear de carbono, os lipídios apresentam números pares e o ácido carboxílico ligado em apenas uma das extremidades. Tem por funções, principalmente a de isolamento térmico e elétrico, síntese de hormônios, processos digestivos, composição da membrana plasmática, sendo uma fonte e reserva de energia no metabolismo dos animais (Galante et.al. 2014).

Basicamente, as fontes lipídicas dietéticas usualmente utilizadas na nutrição animal podem ser divididas em duas categorias: óleos e gorduras (Valentim et al., 2020). Os óleos e gorduras são considerados lipídeos solúveis, mas não definem sua natureza química, os lipídeos são misturas compostas, ou seja, compartilham propriedades com base em semelhanças estruturais, com preponderância de grupos apolares.

#### 3.2 Classificação

Liberato & Oliveira (2019) relataram que a natureza química dos lipídeos se encaixam em dois grupos principais, grupos esses classificados como: compostos de cadeias abertas com grupos de cabeça polar com longas caudas apolares, nesta classificação são incluídos ácidos graxos, triacilgliceróis, os esfingolipídeos, fosfoacilgliceróis e os glicolipídeos.

O segundo grupo é composto de anéis fundidos, ou seja, de cadeias cíclicas, esteroides e o mais importante desse grupo, o colesterol, mas pode-se também classificar os lipídeos como complexos e simples. São considerados lipídeos simples, ésteres que por meio de hidrólise total, originam somente os ácidos graxos e álcoois. Gorduras e óleos são considerados ésteres de ácidos graxos com glicerol denominados de triacilgliceróis e as *ceras* classificadas como ácidos

graxos com álcoois monohidroxílicos com peso molecular bem mais elevados de cadeia linear (Liberato & Oliveira, 2019).

Já os lipídeos denominados de complexos ou também chamados de lipídeos compostos, são ácidos compostos por outros grupos além de ácidos graxos e álcoois, como: *Fosfolipídeos* que contem em sua composição, além de ácidos graxos e um álcool, também um resíduo de ácido fosfórico, contendo frequentemente bases nitrogenadas e substituintes como *glicerofosfolipídeos*, o álcool e o glicerol e *esfingolipídeos*, o álcool é esfingosina, os *glicolipídeos* conhecidos como glicoesfingolipídeos, considerados lipídeos contendo um ácido graxo, esfingosina e carboidrato (Liberato & Oliveira, 2019).

Pode-se considerar outros lipídeos complexos, os tais *sulfolipídeos* que em sua composição apresentam o enxofre e também os *aminolipídeos*, que por sua vez, contêm grupos amino. Enquadrado nesta categoria, as lipoproteínas, juntamente como os precursores e derivados de lipídeos, obtidos em sua maioria através da hidrólise dos lipídeos simples e compostos. Incluídos os ácidos graxos, glicerol, esteroides, álcoois, glicerol e esteróis, aldeídos graxos e corpos cetônicos, hidrocarbonetos, vitaminas lipossolúveis, hormônios e pigmentos (Liberato & Oliveira, 2019).

Conforme os graus de insaturação dos ácidos graxos, possuem características químicas complexas, como por exemplo, tamanho da cadeia carbônica, sua quantidade de monoglicerídeos, diglicerídeos e os ácidos graxos livres, com influência das diversidades de composições dos ácidos graxos sobre a digestão e a quantidade de energia fornecida para os animais durante o processo do metabolismo das moléculas (Doreau et al., 1997).

Desempenhando um papel fundamental, os lipídeos são importantes na nutrição, bioquímica e fisiologia dos animais (Brindley, 1984). Fontes lipídicas que possuem características hidrofóbicas, que possuem solubilidade em solventes orgânicos, são importantes na composição da nutrição de frangos de corte, como fontes de fosfolipídios, esteróis, vitaminas lipossolúveis e triglicerídeos (Raivindran et al., 2016).

Formada por três moléculas de ácido graxo, o triglicerídeo é um lipídeo, cuja sua cadeia de carbono é ligada a um glicerol em ligação éster, sua constituição é formada em sua maioria por ácidos graxos encontrados em animais e também

em vegetais com funções tanto de armazenamento e de fornecimento de energia em reações metabólicas desses organismos (Nelson & Cox, 2018).

Em relação aos graus de insaturação, a classificação é realizada pela presença ou ausência de ligações duplas na cadeia carbônica dos ácidos graxos. Quando a cadeia apresenta ligações simples é denominada como saturada e quando possui uma ou mais ligações é considerada insaturada. A instauração de uma cadeia carbônica também pode ser considerada como monoinsaturada, onde apresenta uma ligação dupla, ou poli-insaturada que apresenta duas ou mais ligações duplas (Galante & Araújo, 2014).

Descrito por Gonzalez & Silva (2006), ácidos graxos de cadeia curta apresentam uma suscetibilidade maior de absorção quando comparados aos ácidos graxos de cadeia longa, assim como ácidos graxos que apresentam cadeia insaturada possuem uma melhor absorção que os de cadeia saturadas. Em sua estrutura química, os ácidos graxos insaturados possuem 16 ou mais átomos de carbono, uma ou mais duplas ligações e são diferentes em séries ou famílias, como por exemplo, ômega 9, ômega 6, ômega 3. Apresentando as famílias que mais apresentam importância nutricional, como, Ômega 9 (C18:1), Ômega 6 (C18:2), que deriva do ácido linoleico e o Ômega 3 (C18:3) que se deriva do ácido  $\alpha$ -linolênico (Briz, 1997).

A relação entre a quantidade de ácidos graxos, insaturados e saturados, de determinadas fontes de gordura, podem impactar na emulsificação, digestão e na absorção das gorduras. Portanto, essa relação deve ser de 3:1, devido a ação enzimática ser mais eficaz em gorduras insaturadas por terem uma maior superfície de contato decorrente de suas ligações duplas, esta característica por consequência altera o metabolismo da gordura interferindo no desempenho dos frangos (Revindran et al., 2016).

### **3.3 Digestão e absorção dos lipídios**

Os lipídeos têm participação constante na regulação do metabolismo animal, fazem parte da estrutura das prostaglandinas e hormônios esteroides, tendo como função primária a produção e armazenamento de energia, mas também são importantes fontes de ácidos graxos essenciais (Bernardino, 2009).

Já nas células da mucosa intestinal, os ácidos graxos são absorvidos conforme o tamanho do comprimento de sua cadeia carbônica. Os ácidos graxos de cadeia curta e o glicerol são absorvidos diretamente pela mucosa intestinal e transportados à circulação portal, ou seja, sem sofrer qualquer tipo de reesterificação (Manzke et al., 2016). Conforme ressaltam Manzke et al. (2016), lipídeos incluídos nas dietas, embora lipossolúveis possuem sua digestão e absorção em meio aquoso. Souza et al. (2019), relatam a necessidade de emulsificante para tornar a gordura acessível e disponível para que ocorra a ação das enzimas digestíveis.

Santana et al. (2017) explanam que a ocorrência da digestão e absorção dos lipídeos no lúmen intestinal, se dá através da presença de secreções biliares e pancreáticas. Conforme Alzawqari et al. (2011), fontes lipídicas são emulsificadas, digeridas e absorvidas através das células da mucosa intestinal, sendo a maior parte absorvida pelo jejuno, após a transposição dos lipídeos do estômago ao intestino delgado, os mesmos encontram-se em um ambiente alcalino, estimulando no local a liberação da bile e o suco pancreático.

No fígado, a bile é produzida e armazenada na vesícula biliar, onde possui a função de emulsificar os lipídeos, este processo tem o objetivo de aumentar a superfície de contato e a formação de micro gotículas de gordura (Valentim et al., 2020).

Souza et al. (2019) explicam que essa subdivisão proporciona e evidencia uma superfície apropriada para a ocorrência da ação das lipases pancreáticas na interfase lipídeo - água. Conforme a liberação da bile e do suco pancreático no duodeno, promove a digestão, estimulando inclusive o peristaltismo gastrointestinal e o mais importante, absorvendo as fontes lipídicas fornecida via dieta (Macari et al., 2002).

As gotículas de gorduras denominadas micelas são formadas no quimo intestinal que contém lipídeos, sais biliares e produtos da digestão lipídica. Chamados de constituintes gordurosos solúveis, têm sua movimentação no ambiente intestinal aquoso, evidenciando sua parte polar dos sais biliares conjugados na superfície, de modo que sua parte apolar ocupa a porção central da micela (Macari et al., 2002).

Micelas são agregados moleculares, ao qual possuem ambas regiões estruturais hidrofílica e hidrofóbica que se associam em solução aquosa formado

agregados moleculares de dimensões coloidais (Maniasso, 2001). Conduzidas até as microvilosidades intestinais através de movimentos intestinais, as micelas liberam os monoglicerídeos, ácidos graxos, colesterol além de vitaminas lipossolúveis para a parte interna dos enterócitos através da atuação da proteína que liga os ácidos graxos, que também tem responsabilidade de transportar os ácidos graxos das microvilosidades para o citosol dos enterócitos (Silva et al., 2019).

Conforme relatado por Camargo et al. (2019), a quantidade ingerida de lipídeos promove mudança no teor e secreção da lipase pancreática, já processos intracelulares essenciais na absorção lipídica, aumenta conforme o consumo de lipídeos fornecidos na dieta aumenta. Nas aves, o trato gastrointestinal possui capacidade de modificação adaptativa, essas adaptações ocorrem em torno da primeira semana pós-eclosão (Dos Santos et al., 2016). Seguindo nesse mesmo contexto, a capacidade das aves jovens em digerir e absorver lipídeos dependerá exclusivamente da adaptação da mucosa intestinal, apresentando maior secreção de enzimas digestíveis, haverá uma maior capacidade de emulsificar as gorduras fornecidas através da ação da bile e conseqüentemente maior digestibilidade (Macari et al., 2002).

O processo digestivo das aves apresenta certas limitações fisiológicas, essas limitações deixam lacunas onde podem ser visualizadas estratégias com algumas possibilidades de superá-las, ou seja, meios endógenos ou exógenos de forma a maximizar o processo digestivo e absorptivo dos nutrientes (Santos et al., 2012).

### **3.5 Utilização de lipídios na nutrição de aves**

A utilização de fontes lipídicas nas dietas de aves comerciais possui uma grande importância na cadeia avícola, uma vez as rações com inclusão dessas fontes, apresentam um aumento dos níveis energéticos e ajudam na absorção de vitaminas lipossolúveis, elevando assim o desempenho dos animais (Paim, 2011). Além da importância no incremento energético da dieta, os lipídeos são adicionados também como fonte de ácidos graxos essenciais (Mazzuco, 2006).

Duarte et al. (2010), apontam outros benefícios resultantes da inclusão de lipídeos na nutrição animal, classificados como efeitos extra calóricos,

melhorando a digestão e absorção dos nutrientes e a redução do incremento calórico.

Deve ser lembrado que os lipídeos podem ser considerados um grande problema digestivo para os animais, recorrente de sua insolubilidade em água, tornando os processos de digestão e transporte desses compostos muito complexos (Cunningham, 2004; González, 2006). Levando em consideração a necessidade de uma ação emulsificante no intestino, para que possa solubilizar estes compostos para que venham a serem absorvidos, desencadeando a ação das enzimas hidrolíticas hidrossolúveis no trato gastrointestinal, tornando-se os fosfolipídios e ácidos biliares importantes na digestão e absorção de gorduras (Cunningham, 2004).

De acordo com Lara et al. (2005), a inclusão de óleos e gorduras na dieta das aves é consideravelmente um avanço na nutrição, conseguindo total atenção dos segmentos da cadeia avícola. Pode-se obter vantagens na utilização de óleos e gorduras na alimentação de aves, com esta inclusão é possível elevar a densidade energética, informação esta que corrobora com o estudo de Paim (2011), que observou que diminuindo a pulverulência das rações fornecidas a essas aves, ocorre a diminuição da taxa de passagem no trato gastrointestinal, alavancando o aumento do consumo de ração e reduzindo o incremento calórico, resultando em uma melhor conversão alimentar e a digestibilidade de outros nutrientes (Morita, 1992; Braga & Baião, 2001; Park et al, (2017).

Macari et al. (2002) descrevem que os lipídeos de maior importância na nutrição, tem sua composição com aproximadamente 90% de triglicerídeos, os quais têm sua hidrólise no lúmen intestinal por ações das lipases pancreáticas, resultando em glicerol, ácidos graxos livres e monoglicerídeos.

Os lipídeos na dieta das aves possuem uma importante participação no processo fisiológico, como funcionamento dos órgãos e tecidos, e também contribuem na manutenção da parede vascular e nas respostas imunes (De Oliveira et al., 2013). Em poedeiras a exigência energética está extremamente relacionada com o peso corporal, o ganho em peso, produção de massa de ovos, temperatura ambiente, nível de empenamento, composição corporal e também a composição do ovo (Baron et al., 2020).

Andriguetto et al. (1996) descreveram que a digestibilidade da gordura vai melhorando com a idade das aves, à medida que suas enzimas apresentam uma maior eficiência independentemente do nível e da fonte de gordura.

Valentim et al. (2020) corroborando com Bontempo et al. (2015), relataram que a digestão e a absorção das fontes lipídicas apresentam uma ineficiência nas primeiras semanas de vida das aves, esta ineficiência ocorre devido a concentração de proteína que faz a ligação dos ácidos graxos e a secreção da bile no intestino serem baixas, dificultando a emulsificação das fontes de gordura. Como citado, (Ekunseitan et al. 2019; Paulo et al. 2019) notaram que a maior diferença na capacidade das aves em aproveitarem as gorduras foram entre a primeira e a terceira semana de vida, já não tendo esta diferença entre a quinta e a sétima semana, ou seja, demonstraram que a digestibilidade dessas fontes aumenta conforme o passar da idade das aves, em aves mais jovens a absorção desses lipídeos possui uma limitação, e é apenas quando o enterócito alcança seu pleno desenvolvimento que a absorção dos lipídeos é efetiva, o que leva de duas a três semanas de vida para ocorrer, fase em que a ave se encontra com seu mecanismo de digestório e absorção em plenitude.

A inclusão de fontes lipídicas na dieta das poedeiras tem influenciado positivamente no tocante peso do ovo e da gema. Esses benefícios vêm se destacando a medida que o ácido linoleico aumenta a síntese de triacilgliceróis e lipoproteína no fígado da ave, essas substâncias são secretadas e chegam ao ovário, contribuindo para o desenvolvimento dos folículos ovarianos (WANG et al., 2019).

Apresentado por Rostagno et al. (2017), o nível indicado para a inclusão de óleos vegetais nas dietas para aves é de 3%, tendo o nível máximo de 7%. Segundo Valentim et al. (2020), a inclusão de 2 a 3% já se torna suficiente para ter a garantia do valor extra calórico, apresentando um favorecimento no desempenho animal.

### **3.6 Utilização de lipídeos em dietas de codornas**

Diferentes das demais aves, tanto em seu comportamento quanto sua fisiologia, as codornas também possuem diferenças na sua eficiência alimentar e produtiva (Murakami & Furlan, 2002; Silva et al., 2007), cada vez mais tem se

procurado alternativas de alimentos, principalmente para frango de corte e galinhas de postura (Murakami & Furlan, 2002). Sakamoto et al. (2006) relataram que a digestibilidade dos nutrientes e o valor energético tem influência devido ao rápido tempo da passagem do alimento em seu intestino, em média de uma a uma hora e meia, já em galinhas, o tempo da taxa de passagem é de 3 a 5 horas, pois as codornas são capazes de ter um melhor aproveitamento de energia proveniente das fibras do alimento fornecido, devido ao tamanho dos cecos de codornas serem maior.

Baião & Lara (2015) descreveram que a utilização dos óleos reduz a taxa de passagem da digesta através do trato gastrointestinal, possibilitando uma melhor absorção dos ingredientes da dieta. Exigências nutricionais de codornas possuem variações conforme sua idade, sexo, ambiente, níveis de energia e aminoácidos. Estas variações normalmente são estimadas conforme a quantidade de nutrientes em seu requerimento para realizações de suas funções básicas, tanto de seu organismo quanto as funções condizentes a fatores reprodutivos, de forma a melhorar a eficiência (Garcia et al. 2006).

Estratégias nutricionais vem sendo utilizadas com a intenção de haver melhoras tanto na composição quanto na qualidade dos produtos de origem animal destinado a alimentação humana, constituindo cada vez mais um elo entre a produção animal, tecnologias aplicadas à cadeia produtiva e a nutrição humana (Barreto et al., 2006). Reda et al. (2020) relataram que modificações no conteúdo de ácidos graxos da gema do ovo podem apresentar ovos saudáveis para o consumidor e alavancar melhorias em seu valor nutricional. Reda et al. (2020), apresentaram uma maior produção de ovos obtida por codornas quando fornecido em sua dieta óleo de milho ou óleo de oliva, em contrapartida, o óleo de linhaça diminuiu a produção de ovos.

Ingredientes alternativos apresentam algumas limitações para os nutricionistas no momento das formulações das dietas, pois as inclusões de certos ingredientes podem resultar em alterações indesejáveis no produto final, tais como alteração nas fontes de ácidos graxos essenciais da gema.

Morita (1992), relataram a importância metabólica na utilização de fontes de óleos vegetais em rações fornecidas a aves, devido ao conteúdo de ácidos graxos insaturados encontrados nestes óleos, como os ácidos graxos oleico, linoleico e linolênico, comparados com gordura animal, que possui uma riqueza

em ácidos graxos saturados. Estudos realizados com diferentes fontes lipídicas em dietas indicaram não afetar a maioria dos parâmetros de qualidade dos ovos, (Valentim et al., 2018), entretanto, codornas alimentadas com dietas a base de óleo de amendoim apresentaram valor significativamente maior para o índice de gema, quando comparados com grupos que receberam óleo de soja e óleo de linhaça Reda et al. (2020), corroboram com Güçlü et al. (2008), que relataram que diferentes fontes lipídicas em codornas de postura alteram significativamente o índice de gema e a HU, mas não apresentam diferenças em relação a índice de albúmen e espessura da casca do ovo.

Na alimentação das aves, as principais fontes de ácidos graxos são oriundas dos óleos de soja (principal), linhaça, girassol, peixe, milho e canola, além das gorduras de aves e suínos e do sebo bovino (Fontes et al., 2018).

### **3.7 Óleo de soja**

No Brasil a produção de soja possui destaque positivo, tanto em nível nacional quanto internacional, mas principalmente no cenário econômico, pois, de acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), houve a produção de 127,989 milhões de toneladas de soja em 2020, já a produção de óleo de soja em 2020, foi de 9,557 milhões de toneladas (ABIOVE, 2021), o que faz dessa cultura um comércio de bilhões de reais.

Destacado por Bavaresco et al. (2018), o Brasil possui uma ótima capacidade na produção de óleo de soja, e em relação a avicultura, essa fonte energética vem sendo utilizada na suplementação das exigências nutricionais.

Através do processamento da soja, existe uma produção de subprodutos que se enquadram na formulação de dietas ofertadas às aves, os quais possuem maiores destaques; os óleos de soja degomado, óleo ácido de soja, óleo de soja refinado, assim como o óleo de soja destilado, lecitina e glicerol (Freitas et al., 2005; Penã et al., 2014).

O óleo de soja é a principal fonte lipídica utilizada na dieta das aves de produção, esta fonte é constituída principalmente por triglicerídeos, entre outros componentes obtidos através do processo de refino. Rostagno et al. (2017), afirmaram que para aves, o óleo de soja possui 8.790 kcal/kg de energia metabolizável aparente.

Óleos em geral, assim como o de soja são obtidos através do processamento denominado extrusão, onde os grãos passam por um aquecimento térmico originado pela pressão da extrusora, dando sequência a uma prensagem com alta pressão, obtendo assim a separação da soja e do óleo (Fascina, 2007).

Estes processos físicos da extração do óleo de soja, ocorrem através da prensagem/moagem e um tratamento térmico (70 a 105°C). O primeiro processo dá início a extração do óleo da semente, em seguida, o segundo processo diminui as ações das enzimas lipolíticas. Já o processamento químico faz o trabalho com auxílio de solvente orgânico (hexano) e esta extração separa o óleo de soja residual encontrado na torta do farelo de soja, resíduo este resultante da moagem. Ambos os processos chegam no resultado final com a obtenção do óleo bruto de soja (Vianna et al., 1999; Mandario et al., 2015).

O processo de extração via solvente já mencionado, possui um alto custo, mas constitui-se de 85% de ácidos graxos insaturados, possuindo principalmente ácido linoleico (C18:2  $n-6$  *cis*-9, 12) (Bavaresco et al., 2019). Devido apresentarem uma gama de ácidos graxos poliinsaturados, ainda possui uma alta digestibilidade (Roll et al., 2018).

Barbour et al. (2006) trabalhando com desempenho de frangos de corte em fase inicial (01 a 21 dias) e fase final (22 a 49 dias de vida), incluiu óleo de soja via dieta em diferentes quantidades (0, 10, 20 e 30 g/kg) e não observaram diferença significativa na fase inicial, contudo, na fase final, o peso dos frangos alimentados com inclusão de 20 a 30 g/kg de óleo de soja apresentou superioridade (2,012 e 2,064 kg) em comparação com os demais tratamentos apresentando um peso de 1,888 kg e 1,997 kg. Conforme os autores, esta superioridade do ganho em peso na fase final está relacionada com o maior nível de energia fornecida pelo óleo de soja, e também ao desenvolvimento do seu sistema digestório através da produção de bile e enzimas capazes de fazer a digestão com mais eficiência dos lipídeos.

Codornas alimentadas com 1,5% de óleo de soja em sua dieta apresentaram maior peso de ovos comparado com a inclusão de óleo de linhaça, e com relação ao consumo de ração, aves alimentadas com óleo de soja apresentaram menor consumo quando comparadas com as demais fontes (Reda et al., 2020). Na pesquisa realizada por Güçlü et al. (2008) a utilização de óleo

de soja na dieta de codornas de postura colaborou com a eficiência alimentar e no perfil lipídico sérico, além disso, o óleo de soja enriqueceu o teor de ômega-3 da gema de ovo.

### **3.8 Gordura de aves**

Na cadeia avícola, há produção de resíduos não comestíveis, como por exemplo, sangue, penas, ossos e gorduras, que podem ser utilizados para enriquecer as dietas por apresentarem alto valor energético. As gorduras de vísceras ou conhecidas como gordura de aves, são oriundas da separação da gordura encontrada em vísceras, partes cárneas, e também na cabeça e pés (Silva et al., 2011; Aardsma et al., 2017).

Utilizando máquinas digestoras de vísceras e autoclave, extrai-se a gordura de frango e a farinha de vísceras. A extração da gordura em máquinas de digestão sofre o processo de decantação, ao qual em seguida passa por autoclave, indo direto para o tanque classificador, onde obtém-se o óleo limpo das vísceras (Ferrolí et al., 2001). Cerca de 1,3% a 1,6% do peso vivo é gordura visceral em frangos de corte, sendo maiores em fêmeas do que em machos (Baião & Lara. 2005).

Centenaro et al., (2008) compararam a gordura de frango com banha suína e o sebo e descreveram como maior diferença a proporção de ácidos graxos mono e poli-insaturados na gordura de frango, fato este que a torna semilíquida em temperatura ambiente.

O perfil lipídico da gordura de frango é caracterizado por possuir aproximadamente 60% de ácidos graxos insaturados, considerado um alto percentual, e desses, cerca de 35 a 39% de ácidos graxos monoinsaturado (18:1), o ácido oleico (Revindran et al., 2016; Aardsma et al., 2017; Pesti et al., 2001).

De Paula et al. (2021), relataram que existe uma predominância de ácidos graxos em gordura de aves como: ácidos oleico, palmítico e linoleico, apresentando uma maior quantidade de ácidos graxos insaturados do que as demais fontes de gorduras tradicionais.

Gorduras de aves introduzidas via dieta, são utilizadas para aumentar os níveis de energia metabolizável disponível para as aves (Kim et al., 2013).

Lessire & Leclercq (1982) estudando valores da energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida por nitrogênio (EMAn) da gordura de frango, encontraram que a EMA da gordura de frango é maior (9.087 Kcal/kg) em relação à gordura animal (8.458 kcal/kg) e também em relação ao sebo bovino (7.016 kcal/kg), em fase inicial dos frangos.

Já a EMAn apresentou um comportamento igual, demonstrando um maior valor para gordura de aves (8.625 kcal/kg), em comparação com gordura animal e o sebo bovino que apresentaram valores de 8.083 e 6.603 kcal/kg, respectivamente. Comparadas com outras fontes lipídicas em fase final a EMA e EMAn da gordura de frango apresentou um valor de 9.439 kcal/kg. Este fato em que o sebo bovino apresenta resultados menores está ligado este ingrediente apresentar um maior nível de gordura saturada, o que resulta na dificuldade em digestão desta fonte.

### **3.9 Sebo Bovino**

Subproduto obtido através do abate de bovinos, o sebo bovino é comumente utilizado na indústria avícola no tocante a formulação das dietas (Oliveira et al., 2011). Este produto obtém vantagens mediante seu valor (preço), sendo relativamente inferiores quando comparados aos óleos vegetais e animais, porém, apresenta uma riqueza em ácidos graxos saturados, e a utilização deste ingrediente pode prejudicar a eficiência das aves, em razão de sua menor digestibilidade (Ferreira, 2004).

Deve ser processado em no máximo 24 horas após o abate dos animais. Todos os resíduos obtidos através do abate são triturados em partículas de cinco centímetros, em seguida seguem para o cozimento. Posteriormente, os resíduos são levados para tanques aquecidos a vapor, onde obtém a separação dos resíduos sólidos por percolação e peneiramento. O mesmo resíduo é centrifugado e filtrado, e enviado para um tanque decantado, onde o material sólido é retirado e prensado obtendo mais sebo (Fascina, 2007). Este sebo é armazenado junto ao sebo percolado para a purificação, a obtenção deste material purificado vai ser utilizado para alimentação animal ou para fábricas de sabão.

Estudos comprovam que o uso de sebo bovino é potencial na alimentação de aves, Duarte et al. (2010), relataram que a utilização de sebo em frangos de corte não afeta o desempenho produtivo, assim como o rendimento e a composição de carcaça das aves alimentadas com este resíduo. Por outro lado, Azman et al. (2005) relataram aumento no consumo de ração e piora na conversão alimentar.

Com relação ao potencial na utilização do sebo bovino combinado com óleo de canola e girassol, Poorghasemi et al. (2013) relataram que o sebo promove o aumento no rendimento de carne, principalmente em rendimento do peito e coxa das aves. Bozkurt et al. (2008), trabalhando com efeito do tipo de gordura no desempenho de matrizes de frango e características dos ovos para incubação, apresentaram que dietas a base de sebo bovino aumentaram o peso de ovos comparadas com a dieta controle. Segundo Oliveira et al. (2011), gemas de ovos de poedeiras que tiveram sebo bovino incluídos em sua dieta apresentaram maior proporção de ácidos graxos monoinsaturados em comparação com óleo de soja e o tratamento controle.

### **3.10 Caracterização e utilização de emulsificantes**

O Ministério da Agricultura Pecuária e abastecimento (MAPA, 2004), caracteriza os aditivos em tecnológicos, sensoriais e também em nutricionais e zootécnicos. Os emulsificantes são classificados como aditivos tecnológicos, por apresentarem formação de substâncias que refletem diretamente na emulsão. A utilização dos emulsificantes na nutrição animal melhora o desempenho e a energia digestível metabolizável (Revindran et al., 2016; Siyal et al., 2017).

Radujko et al. (2011), classificou os emulsificantes como aditivos funcionais, utilizado em larga escala pelas indústrias alimentícias, tanto para melhorar a textura, quanto a estabilidade, o volume, maciez, a aeração e homogeneidade, contribuindo para a melhor qualidade dos produtos. Em sua maior parte, os emulsificantes são derivados de mono e diacigliceróis ou de álcoois, sendo estes os mais utilizados em alimentos (Hasenhuettl, 1997; O'brien, 2009).

Os emulsificantes têm sua classificação conforme sua origem e sua distribuição de fases, sendo elas emulsão em água/óleo e óleo/água (Araújo 2011). Na indústria, os emulsificantes mais utilizados são as proteínas como: soro de leite (caseína), da soja e do ovo, assim como os fosfolipídios e as moléculas surfactantes, e o peso molecular gira em torno de 500 a 1300 Da (Dalton), como polisorbatos e lecitinas (Araújo, 2011). A utilização dos emulsificantes vem tornando-se uma alternativa interessante, obtendo o melhoramento energético dos óleos, levando a uma redução na utilização das fontes lipídicas e em consequência, diminuindo o custo das rações (San Tan et al., 2016).

Os emulsificantes são compostos por duas partes, uma hidrofílica, onde interagem com a fase aquosa e a outra parte é lipofílica, que interagem com a fase oleosa, estrutura essa que permite a sua atuação na conexão de duas substâncias imiscíveis (Santos et al., 2014).

Sua principal função é de reduzir o tamanho das micelas de gordura no trato gastrointestinal, facilitado assim a ação das lipases, obtendo um aumento da superfície de contato das enzimas e hidrolisando moléculas de triglicerídeos (Revindran et al., 2016; Upadhaya et al., 2018). Andrade-Flores et al. (2021) ressaltaram que a ação dos emulsificantes possui variações conforme sua origem.

Naik (2016) refere-se que os emulsificantes comerciais tiveram sua produção em 1930, sendo a principal forma de monoglicerídeos. Estes monoglicerídeos são ésteres sólidos, que podem ser também líquidos ou plásticos, os sólidos possuem um alto poder de fusão e os líquidos em temperatura ambiente (Yang Huang & Wang, 2008).

Segundo Syial et al. (2017) e Ravindran et al. (2016) os emulsificantes são caracterizados como naturais, quando os mesmos são produzidos pelos próprios animais (ácidos biliares e fosfolipídios), denominados de endógenos ou também encontradas em plantas que produzem sementes (grãos) oleaginosas como: lecitina de soja e lisolecitina, caseína, globulina e lisofosfolipídeo. Há também os emulsificantes caracterizados como sintéticos (Arshad et al. 2020), que são resultantes de processos químicos com: ricinoleato de polietilenoglicol de glicerol – E484, estearoil-2-lactilato de sódio e Nonionic - Liprex® poultry, denominados como exógenos e são incluídos via dieta animal.

A utilização dos emulsificantes naturais em pesquisas teve como intuito identificar sua ação sobre o metabolismo, ou seja, energia metabolizável e o desempenho em frangos de corte, Zhang et al. (2011), em seu estudo forneceram uma dieta com inclusão de lisofosfatidilcolina (0,5g/ kg) e outra sem o produto, utilizando três fontes lipídicas (óleo de soja, sebo e gordura de frango) com objetivo de verificar o desempenho de frangos de corte em fase inicial e final. Os resultados obtidos foram que, em aves no período inicial há maior peso vivo, independente das fontes lipídicas fornecidas com inclusão de emulsificantes no período de 1 a 21 dias de vida (566, 538 e 574 g), já em aves que não receberam as inclusões de emulsificantes o peso foi de 560, 510 e 544 g respectivamente. Segundo os autores, os resultados encontrados justificam que a ação dos emulsificantes sobre as fontes lipídicas favorece a absorção dos nutrientes através da formação das micelas, onde as ações da bile e da lipase pancreática favorecem estas ações nas aves.

Avaliando o desempenho em frangos de corte, utilizando dietas com diferentes fontes lipídicas, Guerreiro-Neto et al. (2011), formularam dietas com e sem emulsificantes a base de caseína do leite (0,05% na dieta) contendo óleo de soja, gordura de aves e mais uma mistura de 50% de óleo de soja e 50% de gordura de aves, avaliados em diferentes idades (7, 14 e 42 dias de vida). Os autores relataram que frangos de corte aos 14 dias nutridos de dieta contendo óleo de soja com a inclusão de emulsificante apresentaram em seu desempenho melhor peso vivo, assim como de ganho em peso e conversão alimentar comparados com os animais que receberam a dieta com óleo de soja sem emulsificante. No estudo os autores também não obtiveram diferença significativa em dietas com inclusão do emulsificante nas demais fontes lipídicas e com idades de 7 e 42 dias.

Estudando a utilização de emulsificantes sintéticos, Bontempo et al. (2015) trabalharam com emulsificante composto de 50% de gliceril, polietilenoglicol e ricinoleato (E484) e outros 50% de ácido oleico bidestilado de óleo vegetal, ambos utilizados na formulação da dieta de frangos de corte. Conforme a idade das aves foi avançando a quantidade de emulsificante fornecida foi reduzida: 0 a 10 dias de vida: 1 g/kg; 10 a 20 dias de vida: 0,75 g/kg e a última idade referente de 20 a 34 dias foi de 0,5 g/kg. Os autores relataram que frangos aos 20 e 34 dias de vida alimentados com emulsificantes incluídos

via dieta apresentaram um maior peso vivo comparados aos frangos alimentados sem emulsificantes. Conforme avaliados em idades de 10 a 20, 20 a 34 e 1 a 34 dias o consumo de ração foi superior em frangos alimentados com emulsificante comparados com dietas sem emulsificante. Em relação a conversão alimentar os autores relatam que frangos com idade de 10 a 20 dias obtiveram uma melhor conversão do que os frangos que não receberam emulsificantes em sua dieta.

Estudos relatam que a utilização de óleos às dietas fornecidas as aves proporcionam um aumento de até 25% na energia da dieta, obtendo assim um melhor desempenho das aves e melhorando também a eficiência produtiva, beneficiando a parte econômica da produção (Zampiga et al. 2016). O emulsificante alimentar vem tornando-se uma ferramenta muito eficiente no melhoramento da digestibilidade da gordura na nutrição das aves (Roy et al. 2010), pois melhora a disponibilidade dos glóbulos de gordura, melhorando a formação das micelas.

Investigando os efeitos da inclusão de emulsificantes hidrofílico-lipofílico em perus, Drazbo et al. (2019) relataram que a utilização do emulsificante influenciou positivamente o crescimento das aves, melhorando seu desempenho e a digestibilidade da gordura. Em poedeiras, Souza et al. (2019) relataram melhorias na produção, qualidade externa e interna dos ovos, e estabilidade oxidativa dos ovos, utilizando a goma de soja.

Utilizando suplementação de Lisofosfatidilcolina (LPC), Juntanapum et al. (2019), avaliaram desempenho produtivo, qualidade de ovos e a morfologia de poedeiras, os pesquisadores chegaram à conclusão de que a suplementação de 0,05 e 0,10% de (LPC), tiveram melhoras significativas em relação a taxa de conversão alimentar e aumento do tamanho do ovo, além dos animais diminuírem a ingestão de ração, reduzindo o custo de alimentação por peso de ovos ( $P < 0,01$ ).

A inclusão dos lipídeos tornou-se fundamental principalmente por atender as aves exigências de ácidos graxos essenciais, assim como melhorias na palatabilidade da ração, diminuindo a pulverulência, obtendo uma menor taxa de passagem melhorando a conversão alimentar.

As inclusões de lipídeos ainda carecem de mais estudos relacionando a avaliação econômica de seu uso em dietas das aves. A utilização dessas fontes lipídicas aliada a inclusão de emulsificantes, seja natural ou sintética, vem

tornando-se alternativa viável na nutrição das aves principalmente por ser utilizada em larga escala, com objetivos de redução dos níveis de energia das dietas das aves, com propósito de diminuir os custos de produção.

#### **4. Conclusões**

A inclusão de emulsificantes via dieta pode melhorar a digestibilidade dos lipídeos, conseqüentemente melhorando a absorção dos nutrientes, resultando em melhora de disponibilidade da energia, apresentando melhorias no desempenho, uma melhor deposição de ácidos graxos na gema dos ovos e reduzindo a deposição de gordura nas carcaças.

#### **5. Referências**

Aardsma MP, Mitchell RD, & Parsons CM. Relative metabolizable energy values for fats and oils in young broilers and adult roosters. *Poultry Science* 2017; 96: 7: 2320-2329.

Aguilar YM, Becerra JC, Bertot RR, Peláez JC, Liu G, & Hurtado CB. Growth performance, carcass traits and lipid profile of broiler chicks fed with an exogenous emulsifier and increasing levels of energy provided by palm oil. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 2013; 11: 629-633.

Araújo JMA. *Química de Alimentos: teoria e prática. atual. ampl.* Viçosa, MG: UFV, 2011.

Arshad MA, Bhatti SA, Hassan I, Rahman MA, & Rehman MS. Effects of bile acids and lipase supplementation in low-energy diets on growth performance, fat digestibility and meat quality in broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science* 2020; 22.

Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – ABIOVE 2021. São Paulo – SP: on-line, 2021. [Acesso 08 de out 2021]. Disponível em: <https://abiove.org.br/estatisticas/>.

Azman MA, & Ciftci M. Effects of replacing dietary fat with lecithin on broiler chicken zootechnical performance. *Revue de Medecine Veterinaire* 2004; 155: 8-9: 445-448.

Baião NC, & Lara LJC. Oil and fat in broiler nutrition. *Brazilian Journal of Poultry Science* 2005; 7: 3: 129-141.

Barbour GW, Farran MT, Usayran NN, Darwish AH, Uwayjan MG, & Ashkarian VM. Effect of soybean oil supplementation to low metabolizable energy diets on production parameters of broiler chickens. *Journal of applied poultry research* 2006; 15: 2: 190-197.

Baron LF, Pazinato R, Baron CP. Oxidação de lipídeos e as implicações na nutrição e saúde de animais de produção. *Cadernos de Ciência & Tecnologia* 2020; 37: 1: 26597.

Barreto SCS, Zapata JFF, Freitas ER, Fuentes MFF, Nascimento RF, Araujo RSRM, Amorim AGN. Ácidos graxos da gema e composição do ovo de poedeiras alimentadas com rações com farelo de coco. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Brasília 2006; 41: 12: 1767-1773.

Bavaresco C, Ziegler V, Lopes DCN, Elias MC, Xavier GE, Roll VFB. Coprodutos do óleo de soja na dieta de codornas: impactos sobre a qualidade durante o armazenamento. *Braz. J. Food Technol* 2018; 21: 1 – 8

BERNARDINO MPV. Influência dos lipídeos da dieta sobre o desenvolvimento ósseo de frangos de corte. *Revista Eletrônica Nutritime* 2009; 6: 3: 960 – 966.

Bontempo V, Comi M, & Jiang X. The effects of a novel synthetic emulsifier product on growth performance of chickens for fattening and weaned piglets. *Animal* 2016; 10: 4: 592-597.

Boontiam W, Jung B, & Kim YY. Effects of lysophospholipid supplementation to lower nutrient diets on growth performance, intestinal morphology, and blood metabolites in broiler chickens. *Poultry science* 2017; 96: 3: 593-601.

Bozkurt M, Çabuk M, Alçiçek A. Effect of dietary fat type on broiler breeder performance and hatching egg characteristics. *Journal of Applied Poultry Research* 2008; 17: 1: 47-53.

Braga JP, BAIÃO NC. Suplementação lipídica no desempenho de aves em altas temperaturas. *Caderno Técnico Veterinária Zootecnia* 2001; 31: 23- 28

Brindley, D, N. Digestion, absorption and transport of fats: general principles. *Fats in Animal Nutrition* 1984; 85- 103.

Briz RC. Ovos com teores mais elevados de ácidos graxos ômega 3. SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, São Paulo. Anais... São Paulo: Associação Paulista de Avicultura 1997; 153-193.

Carvalho LC, Santos TC, Murakami AE, Fanhani JC, Oliveira CAL. Comportamento produtivo e reprodutivo de codornas de corte criadas em grupos com diferentes tamanhos. *REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA* 2009; 46.

Centenero GS, Furlan VJM, & Souza-Soares LA. Gordura de frango: alternativas tecnológicas e nutricionais. *Semina: Ciências Agrárias* 2008; 29: 3: 619 – 630.

Costa FGP, Quirino BJS, Givisiez PEN, Silva JHV, Almeida HHS, Costa JS, Oliveira CFS, Goulart CC. Poedeiras alimentadas com diferentes níveis de energia e óleo de soja na ração. *Archivos de Zootecnia* 2009; 58: 223: 405 - 411.

Cunningham JG. Tratado de fisiologia veterinária. 3ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004; 710.

Da Fonseca SS, da Silva VC, Valentim JK, & Geraldo A. Efeito da adição de diferentes emulsificantes na dieta sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte. *Revista Acadêmica Ciência Animal* 2018; 16: 1-13.

Da Silva EP, De Lima MB, Rabello CBV, Ludke JV, Albino LFT, & Sakomura NK. Nutritional aspects of poultry offal meal and its use for broiler chicken feeding. *Acta Veterinária Brasílica* 2011; 5: 2: 108-118.

De Oliveira MLM, & Nunes-Pinheiro DCS. Cellular and molecular biomarkers involved in immune-inflammatory response modulated by unsaturated fatty acids. *Acta Veterinária Brasílica* 2013; 7: 2: 113-124.

De Paula KLC, Pinheiro SRF., Valentim JK, Castiblanco DMC, Santos AS, Dallago GM, ... & Miranda DA. Sources of conjugated linoleic acid and lauric acid inoculated into the eggs of quails and its effects on immunity. *Semina: Ciências Agrárias* 2021; 42: 3: 1: 1759-1772.

Doreau M, Chilliard Y. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *British Journal of Nutrition* 1997; 78: 1: 15 – 35.

Dos Santos FR, Oliveira PR, Minafra CS, Duarte EF, de Almeida RR, & da Silva WJ. Desenvolvimento digestivo e aproveitamento energético em frangos de corte. *PUBVET* 2016; 6: 1369.

Dražbo A, Kozłowski K, & Croes E. The effect of emulsifier on growth performance and fat digestibility in turkeys. *Annals of Animal Science* 2019; 19: 2: 421-431.

Duarte FD, Lara LJC, Baião NC, Cançado SV, Teixeira JL. Efeito da inclusão de diferentes fontes lipídicas em dietas para frangos de corte sobre o desempenho, rendimento e composição da carcaça. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 2010; 62: 2: 439-444.

Fascina VB. Valor energético, desempenho, lipídeos séricos e composição corporal de frangos de corte recebendo óleo de soja e sebo bovino em diferentes combinações [dissertação de mestrado]. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2007.

Ferreira AF. Valor nutricional do óleo de soja, sebo bovino e de suas combinações em rações para frangos de corte. [dissertação de Mestrado]. Campo Grande, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2004: 36.

Ferrolí PCM, Fiod NM, Filho CN, Castro JEE. Fábricas de Subprodutos de Origem Animal: a Importância do Balanceamento das Cargas dos Digestores de Vísceras. *Produção* 2001; 10: 2: 5-20.

Flores-Andrade E, Allende-Baltazar Z, Sandoval-González PE, Jiménez-Fernández M, Beristain CI, & Pascual-Pineda LA. Carotenoid nanoemulsions stabilized by natural emulsifiers: Whey protein, gum Arabic, and soy lecithin. *Journal of Food Engineering* 2021; 290: 110208.

Freitas ER, Sakomura NK, Neme R, Santos ALD, & Fernandes JBK. Effects of processing on full fat soybean metabolizable energy determined by different methodologies and digestibility of amino acids for poultry. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2005; 34: 6: 1938-1949.

Gaiotto JB, Meten JFM, Racanicci AMC, Iafigiola MC. Óleo de Soja, Óleo Ácido de Soja e Sebo Bovino Como Fontes de Gordura em Rações de Frangos de Corte. *Brazil Journal Poultry Science* 2001; 2: 3: 1-6.

Galante F, Araújo MVF. Fundamentos de Bioquímica: para universitários, técnicos e profissionais de saúde. 2ª edição. São Paulo, Rideel, 2014: 209.

Garcia AR, Batal AB, Bakert DH. Variations in the digestible lysine requirement of broiler chickens due to sex. performance parameters. Rearing environment. and processing yield characteristics. *Poultry Science* 2006; 85: 498- 504.

Gonzalez FHD, SILVA SC. Introdução à bioquímica clínica veterinária. 2ª edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006: 364.

Guclu BK, Uyanik, Fatma, Iscan, KM. Effects of dietary oil sources on egg quality, fatty acid composition of eggs and blood lipids in laying quail. *South African Journal of Animal Science* 2008; 38: 2: 91-100.

Guerreiro Neto AC, Pezzato AC, Sartori JR, Mori C, Cruz VC, Fascina VB, ... & Gonçalves JC. Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. *Brazilian Journal of Poultry Science* 2011; 13: 2: 119-125.

Hasenhuettl GL. Overview of food emulsifiers. In: Hasenhuettl GL, Hartel RW, *Food emulsifiers and their applications*. New York: Chapman & Hall 1997: 1: 1-26.

Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística (IBGE). Produção da Pecuária Municipal 2019. Rio de Janeiro 2019; 47: 1-8.

Kim EJ, Purswell JL, Davis JD, Loar II RE, & Karges K. Live production and carcass characteristics of broilers fed a blend of poultry fat and corn oil derived from distillers dried grains with solubles. *Poultry science* 2013; 92: 10: 2732-2736.

Lara LJC, Baião NC, Aguiar CAL, Cançado SV, Fiuza MA, Ribeiro BR. Efeito de fontes lipídicas sobre o desempenho de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 2005; 57: 6: 792-798.

Lessire M, Leclercq B, Conan L. Metabolisable energy value of fats in chicks and adult cockerels. *Animal Feed Science and Technology* 1982; 7: 4: 365-374.

Liberato MCTC, Oliveira MSC. Química- Bioquímica. 2ª edição. Fortaleza: EdUECE, 2019: 42.

Macari M, Furlan R L, Gonzales E. Fisiologia Aviária Aplicada a Frango de Corte. 2ª edição. Jaboticabal: Funep 2002.

Mandarino JMG, Hirakuri MH, Roessing AC. Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos. 2ª edição. Londrina – PR: Embrapa soja; 2015: 1- 41.

Maniasso N. Ambientes micelares em química analítica. Química Nova, 2001; 24: 1: 87-93.

Manzke NE, Gomes BK, Lima GJMM, Xavier EG. Nutrição de leitões neonatos: importância da suplementação. Archivos de zootecnia 2016; 65: 252: 585-591.

Maugeri Filho F, Goldbeck R, Manera AP. (2019). Produção de oligossacarídeos. Biotecnologia Industrial-Vol. 3: Processos fermentados e enzimáticos 2019; 3: 253.

Mazzuco H. Integridade óssea em poedeiras comerciais: influência de dietas enriquecidas com ácidos graxos poliinsaturados e tipo de muda induzida. Circular Técnica Embrapa Suínos e Aves, Concórdia 2006; 47: 47.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa) Instrução Normativa 13/2004. [Acesso em 15 de outubro de 2021] disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=133040692>>.

Morita MM. Custo X benefício do uso de óleos e gorduras em rações avícolas. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, Santos. Anais... Santos: APINCO 1992: 29-35.

Murakami AE, Furlan AC. Pesquisas na nutrição e alimentação de codornas em postura no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA. Lavras. MG. Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras 2002: 113-120.

Naik MK. Production of monoglycerides from glycerol obtained from biodiesel processing [Doctor - Institute of Technology Delhi] New Delhi – India 2016: 159.

Nelson, L. D., Cox, M. M. Princípios de Bioquímica de Lehninger. 7ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2018: 357- 362

NRC - National Research Council. Nutrient Requirement of Poultry. Ninth Revised Edition, Washington, D.C, 1994: 155.

O'Brien RD. Fats and oils formulation. In: O'BRIEN, R.D. Fats and oils – formulating and processing for applications. 3ª edição. Boca Raton: CRC, 2009: 4: 263-345.

Oliveira DDD, Baião NC, Cançado SDV, Oliveira BLD, Lana ÂMQ, Figueiredo TCD. Effects of the use of soybean oil and animal fat in the diet of laying hens on production performance and egg quality. *Ciência e Agrotecnologia* 2011; 35: 995-1001.

Paim AN. Utilização de gordura oxidada em dietas de frangos de corte. [dissertação de mestrado em Ciências Veterinárias]. Setor de Ciências Agrárias: Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011: 93.

Park JH, Nguyen DH, Kim IH. Effects of exogenous lysolecithin emulsifier supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, and blood lipid profiles of broiler chickens. *The journal of poultry science* 2017; 0170100.

Peña JEM, Vieira SL, Borsatti L, Pontin C, Rios HV. Energy utilization of by-products from the soybean oil industry by broiler chickens: acidulated soapstock, lecithin, glycerol and their mixture. *Brazilian Journal of Poultry Science* 2014; 16: 437-442.

Pesti GM, Bakalli RI, Qiao M, Sterling KG. A comparison of eight grades of fat as broiler feed ingredients. *Poultry science* 2002; 81: 3: 382-390.

Poorghasemi M, Seidavi A, Qotbi AAA, Laudadio V, Tufarelli V. Influence of dietary fat source on growth performance responses and carcass traits of broiler chicks. *Asian-Australasian journal of animal sciences* 2013; 26: 5: 705.

Radujko I, Jurić J, Pajin B, Omorjan R, Šereš Z, Simović DŠ. The influence of combined emulsifier 2 in 1 on physical and crystallization characteristics of edible fats. *European Food Research and Technology* 2011; 232: 5: 899-904.

Ravindran V, Tanchaenrat P, Zaefarian F, Ravindran G. Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation. *Animal Feed Science and Technology* 2016; 213: 1-21.

Reda F M, El-Kholy MS, Abd El-Hack ME, Taha AE, Othman SI, Allam AA, Alagawany M. Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents?. *Poultry Science* 2020; 99: 7: 3511-3518.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Euclides PF. Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 4ª edição. Viçosa, MG, Brazil 2017.

Rovers M, & Excentials O. Saving energy and feed cost with nutritional emulsifier. *International Poultry Production* 2014; 22: 7-8.

Sakamoto MI, Murakami AE, Souza LMG, Franco JRG, Bruno LDG, Furlan AC. Valor energético de alguns alimentos alternativos para codornas japonesas. *Revista Brasileira Zootecnia* 2006; 35: 3: 818-821.

San Tan H, Zulkifli I, Farjam, AS, Goh YM, Croes E, Partha SK, Tee AK. Effect of exogenous emulsifier on growth performance, fat digestibility, apparent metabolisable energy in broiler chickens. *Journal of Biochemistry, Microbiology and Biotechnology* 2016; 4: 1: 7-10.

Santos CA, Ming CC, Gonçalves LAG. Emulsificantes: atuação como modificador do processo de cristalização de gorduras. *Ciência Rural*, Santa Maria 2014; 44: 3: 567 – 574.

Silva JHV, Costa FGP, Silva EL. Exigências Nutricionais de Codornas. III Simpósio Internacional e II Congresso Brasileiro de Coturnicultura, Anais...Lavras: UFLA 2007: 44-64.

Silva NN, Casanova F, Pinto MDS, Carvalho AFD, & Gaucheron F. Casein micelles: from the monomers to the supramolecular structure. *Brazilian Journal of Food Technology* 2019; 22.

Siyal FA, Babazadeh D, Wang C, Arain MA, Saeed M, Ayasan T, ... & Wang T. Emulsifiers in the poultry industry. *World's Poultry Science Journal* 2017; 73: 3: 611-620.

Souza RPDP, Laurentiz ACD, Faria GA, Filardi RDS, & Mello ÉDS. Use of soybean gum as an emulsifier in diets for commercial laying hens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 2019; 54.

Upadhaya SD, Lee JS, Jung KJ, Kim IH. Influence of emulsifier blends having diferente hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, sérum lipid profiles, and meat quality of broilers. *Poultry Science* 2018; 97: 255 – 261.

Valentim JK. et al. Aditivos emulsificantes em dietas de aves de produção. *Research, Society and Development* 2020; 9: 3: e176932567-e176932567.

Vianna JF, Pires DX, & Viana LH. Chemical industrial process of vegetable oil extraction: an experiment for teaching general chemistry. *Química Nova* 1999; 22: 5: 765-768.

Villela. J. L. Criação de codornas. Coleção Agroindústria, Cuiabá: SEBRAE/MT 1998; 14: 91.

Wang SH, Wang WW, Zhang HJ, Wang J, Chen Y, Wu SG, & Qi GH. Conjugated linoleic acid regulates lipid metabolism through the expression of selected hepatic genes in laying hens. *Poultry science* 2019; 98: 10: 4632-4639.

Wang X, Zhang X, Peng LJ, Wang C, Liu Q, Luo QP. Effects of fat and emulsifier infeed on growth performance, slaughter traits, and lipid metabolism of cherry valley ducks. *Poultry Science* 2019; 98: 1: 5759- 5766.

Zampiga M, Meluzzi A, & Sirri F. Effect of dietary supplementation of lysophospholipids on productive performance, nutrient digestibility and carcass quality traits of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science* 2016; 15: 3: 521-528.

Zhang B, Haitao L, Zhao D, Guo Y, & Barri A. Effect of fat type and lysophosphatidylcholine addition to broiler diets on performance, apparent digestibility of fatty acids, and apparent metabolizable energy content. *Animal Feed Science and Technology* 2011; 163: 2: 4: 177-184.

## **CAPÍTULO 2**

### **EMULSIFICANTE EM DIETAS CONTENDO DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS ALTERNATIVAS: EFEITOS NA SAÚDE DE CODORNAS JAPONESAS**

Projeto aprovado pela Comissão de Ética no Uso Animal (CEUA/UFGD)

Nº de Protocolo: 16/2020.

Redigido de acordo com as normas da Canadian Journal of Animal Science,  
Qualis B1 (2020), fator de impacto – JCR 0,377 (2020).

## EMULSIFICANTE EM DIETAS CONTENDO DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS ALTERNATIVAS: EFEITOS NA SAÚDE DE CODORNAS JAPONESAS

**Resumo:** O presente trabalho tem por objetivo verificar a inclusão do aditivo emulsificante à base de mono e diglicerídeos de ácidos graxos, em dietas formuladas com diferentes fontes lipídicas alternativas e avaliar seus efeitos sobre a histologia do duodeno e a biometria do trato digestivo e reprodutivo de (*Coturnix coturnix japônica*). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial de 3x2 com três fontes lipídicas (Óleo de soja, gordura de aves e sebo bovino), suplementados ou não com emulsificante, seguindo duas estratégias nutricionais: dieta formulada para atender as exigências nutricionais propostas por INRA (1999) e dieta formulada com redução de 96 Kcal/kg de ração e acrescida do emulsificante Lipocel (g/ton). Foram compostas 9 repetições por tratamento com 5 aves por unidade experimental, totalizando 270 aves. Os dados foram analisados com o auxílio do pacote estatístico SAS (2012), aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância para comparação das médias. A utilização de diferentes fontes lipídicas alternativas, com ou sem a inclusão do emulsificante, apresentaram diferenças significativas e interação entre fonte lipídica e emulsificante para biometria do trato digestivo e reprodutivo, a dieta composta pela gordura de aves e contendo emulsificante apresentou maior tamanho de moela; os animais que receberam a dieta contendo emulsificante proporcionou maior peso de coração, independentemente das fontes lipídicas. Com relação a biometria do trato reprodutivo das codornas, apenas a variável tamanho de ovário (g/gPv) apresentou diferença significativa entre as fontes de óleo. As rações formuladas a base de sebo bovino proporcionaram maior peso para os animais, não obtendo diferença entre o óleo de soja; a dieta composta por gordura de aves como fonte lipídica proporcionou o menor peso aos animais. Avaliando as análises histológicas, a dieta composta por sebo bovino como fonte de óleo proporcionou maior altura de vilo e relação cripta:vilo, enquanto os animais que receberam gordura de aves como fonte lipídica apresentaram os menores valores. A utilização de diferentes fontes lipídicas como sebo bovino, demonstrou ser uma opção nas dietas de codornas japonesas assim como a inclusão ou não de

emulsificante que apresentou diferenças em sua utilização, mas não prejudicou o desempenho das aves.

**Palavras-chave:** coturnicultura, óleo de soja, sebo bovino, gordura de aves.

## **EMULSIFIER IN DIETS CONTAINING DIFFERENT ALTERNATIVE FAT SOURCES: EFFECTS ON THE HEALTH OF JAPANESE QUAILS**

**Abstract:** This work aims to verify the inclusion of an emulsifying additive based on mono and diglycerides of fatty acids in diets formulated with different alternative lipid sources and to evaluate its effects on the histology of the duodenum and the biometry of the digestive and reproductive tract of (*Coturnix coturnix japonica*). The design used was completely randomized, with a 3x2 factorial arrangement with three lipid sources (soybean oil, poultry fat and bovine tallow), supplemented or not with an emulsifier, following two nutritional strategies: diet formulated to meet the nutritional requirements proposed by INRA (1999) and diet formulated with a reduction of 96 Kcal/kg of feed and added Lipocel emulsifier (g/ton). Nine repetitions were composed per treatment with 5 birds per experimental unit, totaling 270 birds. Data were analyzed using the SAS (2012) statistical package, applying Tukey's test at a 5% significance level to compare means. The use of different alternative lipid sources, with or without the inclusion of emulsifier, showed significant differences and interaction between lipid source and emulsifier for biometry of the digestive and reproductive tract, the diet composed of poultry fat and containing emulsifier showed greater gizzard size; the animals that received the diet containing emulsifier provided greater heart weight, regardless of the lipid sources. Regarding the biometry of the quail reproductive tract, only the variable ovary size (g/gPv) showed a significant difference between the oil sources. Diets formulated with bovine tallow provided greater weight for the animals, with no difference between soybean oil; the diet composed of poultry fat as a lipid source provided the lowest weight to the animals. Evaluating the histological analyses, the diet composed of bovine tallow as an oil source provided the highest villus height and crypt:villus ratio, while the animals that received poultry fat as a lipid source had the lowest values. The use of different lipid sources, such as bovine tallow, proved to be an option in Japanese quail diets, as well as the inclusion or not of an emulsifier, which showed differences in its use, but did not affect the performance of the birds.

**Keywords:** coturniculture, soybean oil, bovine tallow, poultry fat.

## 1. Introdução

Devido as diversas utilizações dos óleos vegetais, o mercado mundial tem algumas dificuldades em sua produção devido à alta demanda, pois não são utilizados apenas na produção animal. Portanto, existe a procura por outras fontes alternativas que possam ser incluídas nas rações para suprir a demanda energética, como óleo dendê, milho, girassol, gordura de aves, sebo bovino, entre outros, tornam-se alternativas de interesse (Roll et al., 2018).

A utilização de óleos vegetais e/ou gordura animal é imprescindível na formulação de dietas das aves, pois essas fontes colaboram para que sejam atingidos os níveis ideais de energia metabolizável (Villanueva-Lopez et al., 2020). A coturnicultura do ponto de vista técnico econômico, vem se tornando ainda mais atrativa, devido ao rápido crescimento inicial, elevada prolificidade, precocidade inicial da postura aliada ao baixo consumo de ração, gerando um rápido retorno do capital investido (Santhi & Kalaikannan, 2017).

Principal produto obtido dessa criação, o ovo, é fonte de proteína e ácidos graxos de alto valor biológico e baixo preço de comercialização, cada vez mais as empresas têm investido na modernização das instalações, assim como na qualificação de mão de obra, no melhoramento genético das linhagens e principalmente na nutrição das aves, com formulações mais adequadas (Moura et al., 2008), com destaque para a energia metabolizável.

Os lipídeos são fontes de ácidos graxos, que atuam em diversas funções metabólicas do organismo e na saúde das aves (Fonseca et al, 2018). Segundo Reda et al. (2020), as dietas são formuladas de acordo com as recomendações para o atendimento das exigências de cada uma das fases produtivas das aves. Em galinhas poedeiras a exigência energética está relacionada com o peso corporal, ganho em peso, produção de massa de ovos, temperatura ambiente, nível de empenamento, composição corporal e também a composição do ovo (Baron et al., 2020).

Nas dietas para aves de postura podem ser adicionadas fontes lipídicas objetivando-se atender estas elevadas exigências energéticas, podendo ser advindas de óleos de origem vegetal e/ou gordura animal.

A utilização de fontes lipídicas nas dietas de aves comerciais, desempenham uma grande importância na cadeia avícola, uma vez as rações com inclusão dessas fontes, apresentam uma melhor palatabilidade, um aumento dos níveis energéticos e ajudam na absorção de vitaminas lipossolúveis, elevando assim o desempenho dos animais (Paim, 2011).

A utilização de óleos às dietas fornecidas as aves, proporciona um aumento de até 25% da energia da dieta, obtendo assim um melhor desempenho das aves e melhorando também a eficiência produtiva, trazendo benefícios econômicos à produção (Zampiga et al., 2016).

Roy et al. (2010) relatam que a utilização de emulsificante melhora a digestibilidade da gordura em aves, aumentando a disponibilidade dos glóbulos de gordura e ajudando na formação das micelas. As micelas ajudam os constituintes gordurosos a se tornarem mais solúveis e capazes de se locomover melhor no ambiente intestinal aquoso, as secreções pancreáticas e a bile promovem a digestão, absorção e estimulam o peristaltismo gastrointestinal (Costa et al., 2017).

Assim, objetivou-se avaliar a utilização de diferentes fontes lipídicas alternativas e a inclusão de emulsificante em dietas com redução do nível energético de 96 kcal/kg em codornas japonesas (*Coturnix japonica*), sobre o, histologia intestinal (duodeno) e a biometria do trato digestivo e reprodutivo.

## **2. Metodologia**

A pesquisa foi desenvolvida no setor de avicultura e coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, com duração de 84 dias divididos em 3 períodos de 28 dias cada. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de ética em pesquisa da UFGD sob protocolo número 16/2020.

Constituindo-se de um delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 3x2 totalizando 6 tratamentos (Ração basal + óleo de soja, ração basal + sebo bovino, ração basal + gordura de aves, ração reduzida óleo de soja + emulsificante, ração reduzida sebo bovino + emulsificante e ração reduzida gordura aves + emulsificante) com 9 repetições e 5 codornas (*Coturnix*

coturnix japônica) por unidade experimental, totalizando um plantel de 270 aves em fase de postura com idade de 17 semanas de vida. A dieta com redução pressupõe que o emulsificante Lipocel na inclusão 100 g/ton disponibilize 96kcal/kg durante a fase de posturas das aves, dose essa recomendada pelo fabricante.

O alojamento das aves foi em gaiolas de arame galvanizado com as seguintes dimensões: 50 x 50 x 16,5 cm (comprimento x largura x altura), contendo duas divisórias de 25 x 50 cm totalizando uma área de 1250 cm<sup>2</sup>. A densidade animal por unidade experimental foi 1 ave/250 cm<sup>2</sup> de área. O aviário apresenta latitude de 22°13'16" Sul e longitude de 54°48'20" Oeste, com clima da região seguindo a classificação Köppen do tipo Cwa (mesotérmico úmido), apresentado um verão chuvoso e o inverno seco, sua precipitação anual média é de 1.500 mm e a temperatura de 22°C. Altitude apresenta variações entre 449m e 477m.

O galpão possui estrutura de alvenaria, com 6,0 m de comprimento e 2,5m de largura, seu pé direito possui 3,5m de altura o piso de concreto, e sua cobertura é de fibrocimento. As rações experimentais foram fornecidas *ad libitum*, duas vezes ao dia, em comedouros tipo calha, compostos de chapa metálica galvanizada, percorrendo toda a extensão das gaiolas.

A água foi fornecida à vontade em bebedouros tipo *nipple*. As rações foram formuladas a base de farelo de milho e farelo de soja e as exigências nutricionais foram consideradas conforme as recomendações do INRA (1999), as dietas utilizadas eram isonutritivas, exceto a energia metabolizável que foi reduzida nas dietas em que se adicionou o emulsificante, considerando-se que sua inclusão disponibilize 96kcal/kg, tornando-a isoenergética às demais (Tabela 1).

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais formuladas.

Ingredientes	Dietas					
	Óleo Soja (OS)	Sebo Bovino (SB)	Gordura de aves (GA)	OS + E <sup>2</sup>	SB + E <sup>2</sup>	GA + E <sup>2</sup>
Milho 7,88%	49,8090	49,8090	49,8090	49,8100	49,8100	49,8100
Soja de soja 45%	33,1878	33,1870	33,1870	33,1900	33,1870	33,1870
Calcário	7,5448	7,5440	7,5440	7,5440	7,5440	7,5440

Óleo de soja	4,0000	-	-	2,9079	-	-
Sebo bovino	-	4,0000	-	-	3,4543	-
Gordura de aves	-	-	4,0000	-	-	2,9446
Inerte (areia)	3,5000	1,9255	3,3779	4,5810	4,0350	4,5450
Amido	-	1,5765	0,1241	-	-	-
Fosfato Bicálcico	1,0654	1,0650	1,0650	1,0650	1,0650	1,0650
Sal comum	0,3360	0,3360	0,3360	0,3360	0,3360	0,3360
DL-Metionina	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
L-Lisina	0,1570	0,1570	0,1570	0,1604	0,1570	0,1570
Min-Aves	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000
Vit-Aves	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000
Emulsificante (E)	-	-	-	0,012	0,012	0,012
Total	100,0000	100,0000	100,0000	100,000	100,000	100,000

Atendimento das exigências nutricionais – Matéria Natural

Nutrientes	Óleo Soja	Sebo Bovino	Gordura de aves	OS + E	SB + E	GA + E
Cálcio %	3,2000	3,1996	3,1996	3,1996	3,1996	3,1996
EM Aves Kcal/kg	2800,0001	2800,0001	2800,0001	2704,0001	2704,0001	2704,0001
Fosforo Disponível %	0,3000	0,2999	0,2999	0,2999	0,2999	0,2999
Fósforo Total %	0,5057	0,5074	0,5074	0,5074	0,5074	0,5074
Lisina Total %	1,1636	1,1636	1,1636	1,1639	1,1636	1,1636
MET+Cistina Total %	0,7872	0,7872	0,7872	0,7872	0,7872	0,7872
Metionina Total %	0,4768	0,4768	0,4768	0,4768	0,4768	0,4768
Proteína bruta %	19,2000	19,1996	19,1996	19,2000	19,1996	19,1996
Sódio %	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
Redução Kcal/Kg	96	-	-	96	96	96

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico/kg de dieta: Ácido Fólico (Min.) 145,4mg; Ácido Pantotênico (Min.) 5.931,6mg; Colina (Min.) 121,8g; Niacina (Min.) 12,9g; Selênio (Min.) 480,0mg; Vitamina A (Min.) 5.000.000,0 UI; Vitamina B12 (Min.) 6.500,0mcg; Vitamina B2 (Min.) 2.000,0mg; Vitamina B6 (Min.) 250,0mg; Vitamina D3 (Min.) 1.850.000,0UI; Vitamina E (Min.) 4.500,0UI; Vitamina K3 (Min.) 918,0mg. <sup>2</sup>Suplemento mineral/Kg: Cobre (Min.) 7.000,0mg; Ferro (Min.) 50,0g; Iodo (Min.) 1.500,0mg; Manganês (Min.) 67,5g; Zinco (Min.) 45,6g; <sup>2</sup>Emulsificante.

Os manejos diários constavam-se de recolher os ovos e computar em planilhas diárias a quantidade e possíveis alterações (ovos íntegros, ovos de casca trincada, casca mole e ovos sem casca). A coleta foi realizada sempre no período da manhã as 8:00 horas, após era realizado o fornecimento de ração e feito leitura das temperaturas (mínima e máxima) e a umidade relativa do ar (UR), através de um termo-higrômetro.

As codornas eram estimuladas com programa de luz artificial, com lâmpadas de led, ligadas após as 18:00 horas, até o período luminoso atingir 16 horas. A abertura e o fechamento das cortinas do aviário eram controlados

conforme a temperatura ambiente, as cortinas eram levantadas as noites manualmente.

### **2.1. Abate e coleta de órgãos**

Ao final do período experimental (84 dias), foram selecionadas 54 aves (uma ave por unidade experimental), as aves passaram por uma seleção dentro do intervalo de  $\pm 10\%$  do peso médio. As aves selecionadas então foram sacrificadas por deslocamento cervical seguido de secção das vias jugulares e artérias carótidas e sangradas por três minutos.

Em seguida as aves passaram pelo processo de escaldagem onde foram imersas em água com temperatura a  $60^{\circ}\text{C}$  com duração de 30 segundos, seguida da depenagem manual das carcaças; a evisceração e retirada dos pés e cabeça foi realizada manualmente.

As carcaças já evisceradas eram alocadas em um pré *chiller* à temperatura controlada de 10 a  $18^{\circ}\text{C}$  por um período de 12 minutos em seguidas eram levadas ao *chiller* com duração de 18 minutos com temperatura de zero a  $2^{\circ}\text{C}$ . Foi realizada a pesagem de carcaças evisceradas quentes e resfriadas livres de cabeça e pés. Os órgãos (fígado, coração, moela, proventrículo, ovários, ovidutos, duodeno, jejuno+íleo e ceco) foram individualizados e posteriormente pesados para avaliação morfométrica e coleta de fragmentos para avaliação histológica intestinal (duodeno).

### **2.2. Biometria do trato digestivo e reprodutivo**

Após o abate e evisceração das carcaças, cada órgão (duodeno, jejuno, jejuno+íleo, cecos, ovários e oviduto) foi avaliado quanto a biometria. Para as medições foi utilizado uma fita métrica graduada de 90 cm (com precisão de 0,1 mm) para todos os seguimentos mesurados. A obtenção dos valores relativos do comprimento, as medidas de cada segmento foram divididas pelo comprimento total do órgão, o resultado encontrado teve uma multiplicação por 100.

### **2.3. Histologia dos órgãos**

Após a biometria foram coletados segmentos de 2,0 cm do duodeno, os segmentos foram armazenados em um copo coletor universal de 80 ml, fixados em solução tamponante de formaldeído a 10% por 24 horas, após este período foram retirados da solução e postos em álcool 70% e as amostras foram processadas seguindo a metodologia de Luna.

As amostras passaram por um processo de clivagem e em seguida preparadas para receber a inclusão de parafina, após estarem prontas as amostras foram feitas cortes histológicos transversalmente dos segmentos de 5µm de espessura estes cortes foram semiseriados em 10 pontos.

As lâminas foram coradas com Hematoxilina e Eosina e analisadas em microscópio óptico com aumento de cinco vezes Leica DM 4000B, acoplado ao microcomputador as imagens foram analisadas com o programa software ImageJ, no qual foi verificado altura do vilo, largura do vilo, profundidade de cripta e espessura de camada muscular vilo:cripta.

#### **2.4. Análise estatística**

Todos os dados foram analisados através do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2012), sendo verificadas primeiramente as premissas estatísticas de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias sendo utilizados os testes de Shapiro-Wilk e o Teste de Levene, respectivamente. Posteriormente, foram submetidos a análise de variância através do procedimento MIXED do SAS (SAS 9.3). Quando significativos os efeitos das interações entre fontes lipídicas e emulsificante, foram então desdobradas as interações e as medidas comparadas com uso do teste Tukey. Quando ausentes as interações significativas foram então avaliados os efeitos principais com a comparação de médias pelo mesmo teste. O nível de significância para todas as análises realizadas foi de 5%.

### **3. Resultados e Discussão**

A utilização de diferentes fontes lipídicas alternativas, com e sem inclusão de aditivo emulsificante apresentaram interação nas variáveis peso relativo da moela, duodeno, jejuno + íleo e peso relativo do intestino completo. Já as

variáveis peso relativo do coração e tamanho do duodeno expressaram diferenças significativas apenas para a utilização do emulsificante (tabela 3).

Já em relação as demais variáveis como: peso de carcaça cheia, peso relativo do fígado, proventrículo, peso relativo dos cecos, tamanho do jejuno + íleo e intestino completo não houveram diferenças significativas, (Tabela 2).

Tabela 2. Peso relativo e tamanho dos órgãos de codornas japonesas utilizando em sua dieta diferentes fontes lipídicas com e sem inclusão de emulsificante na dieta.

Variável	Emulsificante (E)	Fonte (F)			Média	EPM <sup>1</sup>	Probabilidades		
		Soja	Sebo	Gordura Aves			Fonte	Emuls+Red.Energia <sup>2</sup>	E*F
Carcaça cheia (g/gPV)	Com	87,314	88,311	86,819	87,481				
	Sem	87,517	88,207	87,830	87,851	0,226	0,1885	0,4179	0,5869
	Média	87,415	88,259	87,324	87,666				
Fígado (g/gPV)	Com	2,889	2,948	2,835	2,891				
	Sem	2,589	2,881	2,757	2,742	0,072	0,6166	0,3259	0,7736
	Média	2,739	2,915	2,796	2,816				
Coração (g/gPV)	Com	0,885	0,876	0,937	0,900B				
	Sem	0,976	0,936	0,981	0,964A	0,015	0,3925	0,0433	0,8186
	Média	0,9311	0,906	0,959	0,932				
Moela (g/gPV)	Com	2.792Aa b	2.412Ab	3.05Aa	2,751				
	Sem	2.902Aa	2.499Aa	2.511Aa	2,637	0,061	0,0116	0,3068	0,0336
	Média	2,847	2,455	2,781	2,687				
Proventrículo (g/gPV)	Com	0,551	0,471	0,525	0,516				
	Sem	0,535	0,518	0,503	0,519	0,103	0,1959	0,8909	0,3778
	Média	0,543	0,495	0,514	0,517				
Duodeno (g/gPV)	Com	1.466Aa	1.276Aa	1.39Aa	1,377				
	Sem	1.156Ba	1.367Aa	1.153Aa	1,226	0,034	0,7916	0,0194	0,0283
	Média	1,311	1,322	1,271	1,312				
Jejuno + Íleo (g/gPV)	Com	2.138Aa	1.884Aa	2.224Aa	2,082				
	Sem	1.892Aa	1.957Aa	1.706Ba	1,852	0,050	0,7173	0,0180	0,0472
	Média	1,201	1,921	1,965	1,967				
Cecos (g/gPV)	Com	0,742	0,801	0,828	0,790				
	Sem	0,958	0,773	0,79	0,849	0,027	0,4849	0,2732	0,0584
	Média	0,863	0,787	0,809	0,82				
Intestino Completo (g/gPV)	Com	5.035Aa	4.521Aa	5.074Aa	4,877				
	Sem	4.612Aa	4.721Aa	4.188Ba	4,507	0,092	0,5606	0,0378	0,0469
	Média	4,823	4,621	4,631	4,691				
Duodeno (cm)	Com	10,244	10,388	10,066	10.233 A				
	Sem	9,011	10,2	9,311	9.507B	0,168	0,1823	0,0280	0,4183
	Média	9,627	10,294	9,688	9,87				

Jejuno + Íleo (cm)	Com	41,555	41,333	42,411	41,766				
	Sem	40,222	40,055	40,4	40,225	0,5	0,8426	0,1389	0,9484
	Média	41,405	40,694	40,888	40,996				
Intestino Completo (cm)	Com	56,511	56,887	54,7	56,032				
	Sem	52,8	54,066	54,388	53,751	0,587	0,7809	0,0569	0,4675
	Média	54,655	55,477	54,544	54,854				

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. <sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>3</sup>Emulsificante +redução de 96kcal/kg.

Em relação ao peso da moela (g/gPV) nos animais que receberam dietas com emulsificante, quando comparadas às fontes lipídicas, o sebo bovino proporcionou menores valores, enquanto que as codornas alimentadas com a gordura de aves obtiveram os maiores valores. Nas dietas sem emulsificante não foram observadas diferenças entre as fontes lipídicas. Quando comparada a inclusão do emulsificante em cada uma das fontes, também não se observaram diferenças.

Para o peso do duodeno, quando comparadas as diferentes fontes lipídicas com e sem a adição de emulsificantes, não foram observadas diferenças. Quando comparadas a inclusão ou não de emulsificante nas fontes, apenas foi observada diferença para óleo de soja sendo menor nos animais que receberam a dieta ausente de emulsificante.

Para o peso do jejuno+íleo e intestino completo, quando comparadas as diferentes fontes lipídicas com e sem a adição de emulsificantes, não foram observadas diferenças. Quando comparadas a inclusão ou não de emulsificante nas fontes, apenas foi observada diferença para aqueles animais que receberam a dieta composta por gordura de aves, sendo menor para a ausência de emulsificante.

A utilização de emulsificante nas dietas proporcionou o menor peso relativo de coração, quando observamos a variável tamanho do duodeno (cm), a inclusão do aditivo emulsificante nas dietas, fez com que as aves obtivessem o maior peso quando comprado com a não inclusão do aditivo.

O consumo excessivo de energia em codornas em período de produção de ovos tem consequências de aumento de gordura abdominal, envolvendo alguns órgãos, especialmente o aparelho reprodutivo e o fígado, pois, ambos estão associados com a eficiência produtiva das aves (Leksrisompong, 2014),

entretanto, na presente pesquisa não foi observado resultados relacionados ao peso do fígado e nem ao peso de carcaça cheia.

Upadhaya et al. (2018), formularam três dietas, duas com níveis recomendados de energia metabolizável e outra com redução de 50 kcal/kg, onde foram adicionados 0,075, 0,1 e 0,15% de aditivo emulsificante 1,3-diacilglicerol para frangos de corte, e os autores não observaram interação nem diferença significativa entre os tratamentos quando avaliaram o peso de órgãos (fígado, moela, gordura abdominal e peito). Na presente pesquisa, observamos resultados similares quando comparado o peso do fígado, porém, com relação ao peso da moela, os resultados foram divergentes.

Trabalho realizado por Zhao & Kim (2017), utilizando dietas com diferentes níveis de energia e emulsificante no desempenho, metabolismo de nutrientes e composição corporal em frangos, também não observou interação dos tratamentos para os parâmetros avaliados como: peso fígado, baço, moela e bursa de Fabricius, assemelhando-se a presente pesquisa quanto ao fígado, porém diferindo quanto a moela.

Cançado & Baião (2002), não relataram alterações no crescimento do fígado, pâncreas e intestino em aves que receberam dieta com ou sem óleo em uma dieta com menor nível de energia metabolizável, já quando ajustaram os níveis de energia metabolizável, foram encontrados menor peso do trato gastrointestinal, o que demonstra o importante papel do nível de energia da dieta sobre o desenvolvimento dos órgãos das aves, de Mello Rezende et al. (2004), ao elevar a energia da dieta para 3.000 kcal/kg, observaram maior peso na moela em codornas francesas na fase inicial, podemos observar que a energia metabolizável altera a biometria de alguns órgãos. Quando comparamos com a presente pesquisa ao sofrer as alterações na energia metabolizável da dieta os órgãos dos animais sofrem alterações.

Trabalhando com frangos, Duarte et al. (2012), relatou que alimentos contendo maiores níveis de energia, obtidos pela maior inclusão de fontes lipídicas, podem aumentar o desenvolvimento intestinal, principalmente o duodeno, o que pode indicar melhor utilização da energia das dietas, assim como no presente estudo, em que foi observado maior peso de duodeno com a utilização do emulsificante, que atua melhorando a utilização da energia.

Ribeiro et al. (2002), verificaram o efeito da granulometria do milho em rações de frangos de corte, e relacionaram o tamanho da moela à massa muscular deste órgão, e isso se dá por meio do processo mecânico, quando recebe alimentos com média ou grossas partículas para maceração, ocorre um maior desenvolvimento muscular da moela, provavelmente a gordura de aves desencadeou efeito similar nas codornas do presente estudo, pois, devido a maior complexidade na digestão, exigindo maior trabalho mecânico, desencadeou o aumento do peso da moela, o que está de acordo com Lilja et al. (1985), que relataram que o aumento do intestino e moela de codornas melhora a capacidade de ingerir e digerir os alimentos.

Com relação as variáveis para biometria do trato reprodutivo, apenas o ovário apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em função da fonte de óleo utilizada, onde a utilização de dietas a base de sebo bovino apresentou maior peso relativo para a variável quando comparada a gordura de aves. Já as demais variáveis como peso oviduto, reprodutivo completo e tamanho do oviduto não apresentaram diferenças entre os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Peso relativo e tamanho do trato reprodutivo de codornas japonesas alimentadas com diferentes fontes lipídicas, com e sem inclusão de emulsificante em suas formulações.

Variável	Emulsificante (E)	Fonte			Média	EPM <sup>1</sup>	Probabilidades		
		Soja	Sebo	Gordura Aves			Fonte	Emuls+Red.Energia <sup>2</sup>	E*F
Oviduto (g/gPV)	Com	4,081	3,884	3,418	3,794	0,116	0,8825	0,1890	0,1609
	Sem	3,260	3,501	3,700	3,487				
	Média	3,670	3,692	3,559	3,645				
Ovário (g/gPV)	Com	2,726	3,463	2,130	2,773	0,160	0,0198	0,1915	0,5351
	Sem	2,006	2,910	2,201	2,372				
	Média	2.366ab	3.186a	2.165b	2,572				
Reprodutivo completo (g/gPV)	Com	6,798	7,338	5,633	6,590	0,244	0,0540	0,2333	0,2936
	Sem	5,278	6,906	5,897	6,027				
	Média	6,038	7,122	5,765	6,31				
Oviduto (cm)	Com	30,777	25,611	27,25	27,879	0,616	0,1001	0,3376	0,3229
	Sem	27,055	25,833	27,267	26,718				
	Média	28,916	25,722	27,258	27,3				

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. <sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Emulsificante +redução de 96kcal/kg.

A formulação de dietas com sebo bovino apresentou maior peso de ovos assim como maior peso de gema, o que pode estar relacionado com o maior peso do ovário, pois diferentes fontes de ácidos graxos podem influenciar o desenvolvimento do sistema reprodutivo, devido a diferentes fornecimentos energéticos que podem estimular a ovulação.

Aydin et al. (2006), relataram em seu trabalho que houve aumento nas características reprodutivas de codornas suplementadas com óleo de linhaça, e pode atribuir este fato com a regulação do metabolismo hormonal através dos fitoestrógenos dietéticos presentes nos alimentos, principalmente o estrogênio que por sua vez é essencial tanto para o funcionamento quanto para o desenvolvimento do sistema reprodutivo. Este fato provavelmente está relacionado a maior oferta de ácidos graxos essenciais, visto que assim como o óleo de linhaça, o sebo bovino utilizado no presente estudo são fontes destes nutrientes, influenciando positivamente o peso dos ovários, que são órgãos com altas demandas por estes nutrientes.

Pode-se relacionar o peso dos ovos com o peso dos ovários visto que as gemas são formadas nestas estruturas. Gobras et al. (2001), observaram maior tamanho de ovos quando foram adicionados à ração fontes lipídicas, indicando que a adição foi suficiente para aumentar o peso dos ovos, além disso, segundo Keshavarz & Nakajima (1995), o aumento de peso pode estar relacionado ao aumento da disponibilidade dos nutrientes, favorecida também pela redução da taxa de passagem com inclusão de lipídeos, além do aporte de nutrientes essenciais.

Em relação a histologia do intestino, podemos observar que houve efeitos das fontes lipídicas nos resultados relacionados as variáveis altura de vilo e na relação vilo:cripta (Tabela 4), para as demais variáveis não foram observados resultados significativos.

Tabela 4. Medidas histológicas do segmento duodeno de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem inclusão de emulsificante na dieta.

Variável (duodeno)	Emuls (E <sup>2</sup> )	Fonte			Média	EPM <sup>1</sup>	Probabilidades		
		Gordura Aves	Sebo	Soja			Fonte	Emuls+Red.Energia <sup>3</sup>	E <sup>2</sup> *F
Altura de Vilo	Com	750,620	1485,810	1044,76	1093,73	2,143	0,0037	0,7954	0,1091

	Sem	999,920	1190,060	1010,47	1066,81				
	Média	875,27b	1337,93a	1027,61ab	1182,78				
Largura de Vilo	Com	224,010	246,440	197,080	222,51				
	Sem	208,740	211,660	207,790	209,40	0,614	0,2543	0,3272	0,3651
	Média	216,380	229,050	202,430	215,96				
Profundidade Cripta	Com	186,45	190,08	189,98	188,84				
	Sem	196,6	195,22	149,47	180,43	0,148	0,3593	0,569	0,312
	Média	191,52	192,65	169,72	184,63				
Diâmetro Cripta	Com	82,002	91,783	84,656	86,15				
	Sem	78,502	83,278	81,267	81,02	1,67	0,2093	0,1297	0,7689
	Média	80,252	87,531	82,962	83,58				
Vilo:Cripta	Com	3,984	8,02	5,978	5,99				
	Sem	5,034	5,674	7,435	6,05	0,422	0,0292	0,9411	0,0666
	Média	4,509b	6,847a	6,707ab	6,02				

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. <sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Emulsificante; <sup>3</sup>Emulsificante +redução de 96kcal/kg.

As avaliações das mensurações histológicas do intestino das codornas são importantes para verificar a saúde intestinal e sua capacidade digestiva e absorptiva. Vieira (2002) relata do ponto de vista digestivo-absorptivo, que o duodeno é o local de mistura de alimento com secreções digestivas e alcalinas.

A inclusão do sebo bovino na dieta das aves na fase de produção independentemente da inclusão ou não de emulsificante, proporcionou melhores resultados na histologia intestinal, devido apresentar maior desenvolvimento, o que cabe salientar que o aumento dessas variáveis, melhora a absorção dos nutrientes acarretando na melhor produção e principalmente no aproveitamento da energia da dieta. Corroborando o descrito por Cunningham et al. (2004), que destacam que as vilosidades intestinais têm a responsabilidade de digerir e absorver os nutrientes, e vilosidades longas conferem uma maior capacidade de digestiva e absorptiva.

Como podemos observar, os animais que foram alimentados com a dieta formulada com sebo bovino apresentaram maior altura de vilosidade, não apresentando diferença quando comparada ao óleo de soja, assim como apresentaram uma maior relação vilo:cripta, isso indica que quanto maior o comprimento das vilosidades intestinais relacionadas com a profundidade de cripta, apresenta uma melhor saúde intestinal, melhorando a uniformidade e integridade da mucosa além de melhorar a absorção dos nutrientes devido a maior área de superfície absorptiva (Santin et al., 2001; Baurhoo et al., 2007).

Segundo Santos et al. (2010), a absorção dos nutrientes é dependente dos mecanismos que ocorrem na mucosa intestinal, diante deste fato a sua integridade não pode ser comprometida pois tem influência direta com a produtividade dos animais.

A capacidade máxima da digestão e absorção ocorre quando o animal apresenta uma grande área luminal, conseqüentemente com altas vilosidades (Cera et al., 1988), e elevada relação vilo:cripta, como o que a presente pesquisa apresenta com a utilização de dietas formuladas a base de sebo bovino.

Bavaresco et al. (2019), observaram a interação entre a utilização de diferentes fontes lipídicas e a inclusão de emulsificante (lecitina), em que codornas alimentadas com óleo ácido de soja + lecitina, apresentaram significativamente menor profundidade de cripta em relação a aves alimentadas só com óleo ácido de soja. O mesmo autor relata que a inclusão de 1% de lecitina na dieta não influenciou a altura das vilosidades, resultados similares aos da presente pesquisa, em que a utilização de emulsificante não proporcionou alteração das variáveis, enquanto houve efeitos significativos utilizando as diferentes fontes lipídicas.

#### **4. Conclusão**

A inclusão de gordura de aves e emulsificante nas dietas de codornas japonesas demandou maior capacidade de digestão mecânica, demonstrada pelo aumento no peso relativo de moela. A inclusão de sebo bovino proporcionou aumento no peso dos ovários de codornas japonesas, aumentou a capacidade digestiva e absorviva do segmento duodenal das codornas devido ao aumento da altura dos vilos e da relação vilo:cripta. As fontes lipídicas em conjunto com emulsificantes são capazes de alterar as características morfométricas dos órgãos, assim como a arquitetura das células intestinais de codornas japonesas.

#### **5. Referências**

Aydin R, Karaman M, Toprak HHC, Ozugur AK, Aydin D, & Cicek T. The effect of long-term feeding of conjugated linoleic acid on fertility in Japanese quail. *South African Journal of Animal Science* 2006; 36: 2: 99-104.

Baron LF, Pazinato R, Baron CP. Oxidação de lipídeos e as implicações na nutrição e saúde de animais de produção. *Caderno de Ciência & Tecnologia* 2020; 37: 1: 26597.

Baurhoo B, Phillip L, Ruiz-feria CA. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. *Poultry Science* 2007; 86: 1070-1078.

Bavaresco C, Nunes AP, Forgiarini J, Alves DA, Xavier EG, Lopes DCN, & Roll VFB. Intestinal morphometry and bone quality of Japanese quails fed for a prolonged period with soybean oil by-products. *Archives of Veterinary Science* 2019; 24: 1: 72-82.

Cançado SV, & Baião NC. Efeitos do período de jejum entre o nascimento e o alojamento de pintos de corte e da adição de óleo à ração sobre o desenvolvimento do trato gastrintestinal e concentração de lipase. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 2002; 54: 623-629.

Cera KR, Mahan DC, Cross RF. Effect of age, weaning and posweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *Journal of Animal Science* 1988; 66: 574-584.

Costa LC, Pansera-de-Araújo MC, & Bianchi V. Sistemas digestório, respiratório e circulatório Humanos em livros didáticos de Biologia de Ensino Médio. *Biografia: escrito sobre biologia e seu ensino* 2017; 10: 18: 19-27.

CUNNINGHAM JG. *Tratado de fisiologia veterinária*. 3ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004; 710.

de Mello Rezende MJ, Flauzina LP, McManus C, & de Oliveira LQM. Desempenho produtivo e biometria das vísceras de codornas francesas alimentadas com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 2004; 26: 3: 353-358.

Duarte KF, Junqueira OM, Borges LL, Santos ET, Marques RH, de Quadros TCO, & Domingues CHDF. Desempenho e morfometria duodenal de frangos de corte submetidos a diferentes níveis de energia e programas de alimentação de 42 a 57 dias de idade. *Ciência Animal Brasileira* 2012; 13: 2: 197-204.

Fonseca SS, da Silva VC, Valentim JK, & Geraldo A. Efeito da adição de diferentes emulsificantes na dieta sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte. *Revista Acadêmica Ciência Animal* 2018; 16: 1-13.

Grobas S, Méndez J, Lázaro R, DE Blas C, Mateos GG. Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. *Poultry Science* 2001; 80: 1171-1179.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE – INRA. Alimentação dos animais monogástricos: Suínos, Coelhos e Aves. 2ª edição. São Paulo: Roca, 1999: 245.

Leksrisompong N, Romero-Sanchez H, Oviedo-Rondón EO, & Brake J. Effect of feeder space during the growing and laying periods and the rate of feed increase at the onset of lay on broiler breeder female reproductive function<sup>12</sup>. *Poultry Science* 2014; 93: 7: 1599–1607.

Lilja C, Sperber I, & Marks HL. Crescimento pós-natal e desenvolvimento de órgãos em codornas japonesas selecionadas para alta taxa de crescimento. *Crescimento* 1985; 49: 1: 51-62.

Moura GDS, Barreto SLDT, Donzele JL, Hosoda LR, Pena GDM, & Angelini MS. Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação

energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2008; 37: 1628-1633.

Paim AN. Utilização de gordura oxidada em dietas de frango de corte. [dissertação de mestrado em Ciências Veterinárias]. Setor de Ciências Agrárias: Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011: 93.

Reda FM, El-Kholy MS, Abd El-Hack ME, Taha AE, Othman SI, Allam AA, & Alagawany M. Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents?. *Poultry Science* 2020; 99: 7: 3511-3518.

Ribeiro AML, Magro N, & Penz Jr AM. Granulometria do milho em rações de crescimento de frangos de corte e seu efeito no desempenho e metabolismo. *Brazilian Journal of Poultry Science* 2002; 4: 1: 00-00.

Roll AAP. et al. Desempenho e metabolizabilidade de dietas em codornas alimentadas com níveis crescentes de óleo ácido de soja. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 2018; 70: 4: 1282-1292.

ROY, Amitava et al. Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens. *Veterinary medicine international*, v. 2010, 2010.

Santhi D, & Kalaikannan A. Japanese quail (*Coturnix japonica*) meat: characteristics and value addition. *World's Poultry Science Journal* 2017; 73: 2: 337-344.

Santin E, Maiorka A, Macari M, Grecco M, Sanchez JC, Okada TM, Myasaka M. Performance and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diets containing *saccharomyces cerevisiae* cell wall. *Journal Applied Poultry Research* 2001; 10: 236-244.

Santos GC. Alternativas ao uso de promotores químicos de crescimento sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte. [dissertação de Mestrado em Produção Animal]. Minas Gerais: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri 2010: 12.

Upadhaya SD, Lee JS, Jung KJ, Kim IH. Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers. *Poultry Science* 2018; 97: 255 – 261.

Upadhaya SD, Park JW, Park JH, & Kim IH. Efficacy of 1, 3-diacylglycerol as a fat emulsifier in low-density diet for broilers. *Poultry Science* 2017; 96: 6: 1672-1678.

Vieira SL. Carboidratos: Digestão e Absorção. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. *Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte*. 2ª edição. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002: 125-133.

Villanueva-Lopez DA, Infante-Rodríguez F, Nájera-Pedraza OG, Barrios-García HB, & Salinas-Chavira J. Effect of Dietary Frying Fat, Vegetable Oil and Calcium Soaps Of Palm Oil on the Productive Behavior and Carcass Yield of Broiler Chickens. *Brazilian Journal of Science* 2020; 22: 4.

Zapinga M, Meluzzi A, & Sirri F. Effect of dietary supplementation of lysophospholipids on productive performance, nutrient digestibility and carcass quality traits of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science* 2016; 15: 3: 521-528.

Keshavarz K, Nakajima S. The effect of dietary manipulations of energy, protein, and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. *Poultry Science* 1995; 74: 50-61.

Zhao PY, & Kim IH. Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. *Poultry Science* 2017; 96: 5: 1341-1347.

Zosangpuii AK, & Samanta G. Inclusão de um emulsificante nas dietas contendo diferentes fontes de gorduras no desempenho de patos Khaki Campbell. *Jornal iraniano de pesquisa veterinária* 2015; 16: 2: 156.

### CAPÍTULO 3

#### **ESTABILIDADE DA QUALIDADE DE OVOS E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE OVOS DE CODORNAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS COM ADIÇÃO DE EMULSIFICANTE.**

Projeto aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animal (CEUA/UFGD)  
Nº de Protocolo: 16/2020.

Redigido de acordo com as normas da Canadian Journal of Animal Science,  
Qualis B1 (2020), fator de impacto – JCR 0,377 (2020).

## **Estabilidade da qualidade de ovos e perfil de ácidos graxos de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com adição de emulsificante**

**Resumo:** A presente pesquisa teve por objetivo avaliar o desempenho, a digestibilidade dos nutrientes, a qualidade dos ovos, a qualidade dos ovos conforme seu período de prateleira e o perfil de ácidos graxos da gema do ovo de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japônica*). O experimento foi realizado no setor de coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial de 3x2 com três fontes lipídicas (Óleo de soja, gordura de aves e sebo bovino), suplementados ou não com emulsificante, seguindo duas estratégias nutricionais: dieta formulada para atender as exigências nutricionais propostas por INRA (1999) e dieta formulada com redução de 96 Kcal/kg de ração e acrescida do emulsificante Lipocel (g/ton). Foram compostas 9 repetições por tratamento com 5 aves por unidade experimental, totalizando 270 aves. As variáveis de desempenho como ovos comercializáveis e conversão alimentar por dúzia apresentaram interação entre as fontes de óleos e a utilização de emulsificantes. O maior consumo de ração, foi notado nos animais que receberam a dieta com inclusão de sebo bovino, sem diferir dos animais que receberam óleo de soja como fonte lipídica; a viabilidade foi maior para os animais que recebem ração com gordura de aves, assim como a conversão por massa de ovos, que foi pior para os animais que foram nutridos com a ração contendo gordura de aves e emulsificante. Para a qualidade de ovos, a variável Unidade de Haugh apresentou interação entre as fontes alternativas utilizadas e a inclusão de emulsificante, para peso de gema, as codornas alimentadas com ração utilizando sebo bovino como fonte lipídica apresentaram o maior peso, não apresentando diferença significativa quando comparada com o grupo que recebeu óleo de soja. As variáveis de armazenamento, como peso do ovo, peso da gema, peso do albúmen e peso da casca, apresentaram resultados significativo entre as fontes lipídicas, em que as codornas alimentadas com rações contendo sebo bovino tiveram os valores mais elevados. O perfil de ácidos graxos das gemas apresentou interação entre a fonte de lipídios e o emulsificante para o ácido palmítico (C16:0), em que na dieta

elaborada com óleo de soja e ausente de emulsificante, os animais obtiveram maior concentração. A utilização de fontes lipídicas alternativas como o sebo bovino e a gordura de aves demonstrou ser uma ótima alternativa quando comparadas com o óleo de soja, onde observamos a possibilidade de redução da energia da dieta sem prejudicar o desempenho dos animais e a qualidade dos ovos.

**Palavras-chave:** coturnicultura, gema de ovo, óleo de soja, gordura de aves, sebo bovino.

## **Egg quality stability and fatty acid profile of quail eggs fed different lipid sources with added emulsifier**

**Abstract:** This research aimed to evaluate the performance, nutrient digestibility, egg quality, egg quality according to shelf life and the fatty acid profile of the egg yolk of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). The experiment was carried out in the quail farming sector of the Faculty of Agricultural Sciences of the Federal University of Grande Dourados. The design used was completely randomized, with a 3x2 factorial arrangement with three lipid sources (soybean oil, poultry fat and bovine tallow), supplemented or not with an emulsifier, following two nutritional strategies: diet formulated to meet the nutritional requirements proposed by INRA (1999) and diet formulated with a reduction of 96 Kcal/kg of feed and added Lipocel emulsifier (g/ton). Nine repetitions were composed per treatment with 5 birds per experimental unit, totaling 270 birds. Performance variables such as marketable eggs and feed conversion per dozen showed interaction between oil sources and emulsifier use. The highest feed consumption was observed in the animals that received the diet with bovine tallow, without differing from the animals that received soybean oil as a lipid source; the viability was higher for the animals that received ration with poultry fat, as well as the conversion by egg mass, which was worse for the animals that were fed with the ration containing poultry fat and emulsifier. For egg quality, the Haugh Unit variable showed interaction between the alternative sources used and the inclusion of emulsifier, for yolk weight, quails fed with bovine tallow as a lipid source showed the highest weight, with no significant difference when compared to the group that received soybean oil. Storage variables, such as egg weight, yolk weight, albumen weight and shell weight, showed significant results among lipid sources, in which quails fed diets containing bovine tallow had the highest values. The fatty acid profile of the buds showed interaction between the source of lipids and the emulsifier for palmitic acid (C16:0), in which the animals obtained a higher concentration in the diet made with soybean oil and without emulsifier. The use of alternative lipid sources such as bovine tallow and poultry fat proved to be a great alternative when compared to soybean oil, where we observed the possibility of reducing dietary energy without impairing animal performance and egg quality.

**Keywords:** coturniculture, egg yolk, soybean oil, poultry fat, bovine tallow.

## 1. Introdução

Durante muito tempo a coturnicultura foi considerada atividade alternativa e secundária para os pequenos produtores, mas com o seu desenvolvimento apresentou um potencial produtivo de ovos e carne, estimulando assim a exploração comercial (Bittencourt et al., 2019).

Do ponto de vista técnico-econômico, a coturnicultura torna-se ainda mais atrativa, devido ao rápido crescimento inicial, precocidade de postura, elevada prolificidade, pequeno consumo de ração e rápido retorno do capital investido (CARVALHO et al., 2009).

A utilização de produtos de origem animal tem grande importância na formulação de suas dietas, assim, a utilização de certos ingredientes na alimentação animal tem chamado a atenção nas pesquisas, avaliando pontos positivos e negativos na sua utilização (Bertipaglia et al., 2016).

A fonte de energia na nutrição animal é considerada o ingrediente de mais alto valor em se tratando de custo financeiro, além disso, contribui na composição de ácidos graxos da carne e ovos especialmente os poli-insaturados, ocasionando maior disponibilidade destes nutrientes para o consumo humano (Bertipaglia et al., 2016).

Os ácidos graxos para aves devem ser fornecidos via dieta, formuladas de acordo com as recomendações e dependendo de sua fase de desenvolvimento. Essas fontes podem ser advindas de óleos vegetais e/ou gordura animal na forma de resíduos (Santos et al., 2009).

As fontes lipídicas apresentam em suas características variações devido a sua qualidade da matéria-prima, sua forma de obtenção e os períodos de armazenamento. Por isso, importância é necessário conhecer sua origem, processamento e qualidade (Dalla Costa et al., 2016).

A inclusão de óleo em rações para aves pode aumentar em até 25% as concentrações de energia da dieta, melhorando assim seu desempenho e eficiência produtiva, proporcionando benefícios econômico-financeiro (Zamping et al., 2016). Segundo Valentim et al. (2020), a inclusão de emulsificantes na

nutrição das aves pode diminuir os custos de fabricação, pois com a inclusão desse aditivo nas dietas, ocorre uma redução no nível de energia fornecida, o que resulta na redução de gastos com óleo e gorduras.

A utilização de emulsificantes na dieta das aves demonstra-se como uma ferramenta melhoradora na digestibilidade das gorduras (Roy et al., 2010), pois os glóbulos de gordura tornam-se mais disponíveis e ajudam na formação das micelas. Além disso, fontes lipídicas alternativas podem contribuir como um enriquecedor na dieta das aves, melhorando a composição de ácidos graxos da gema dos ovos, pois esses ingredientes são ricos em vitaminas, proteínas e lipídeos (ácidos graxos) (Santos et al., 2019).

A presente pesquisa teve por objetivo avaliar e comparar diferentes fontes lipídicas com e sem inclusão de emulsificantes na dieta de codornas japonesas, e verificar o desempenho, digestibilidade dos nutrientes, qualidade de ovos, qualidade dos ovos conforme o tempo armazenamento e avaliar o perfil de ácidos graxos da gema dos ovos.

## 2. Metodologia

A pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de ética em pesquisa da UFGD sob protocolo número 16/2020. O experimento foi conduzido no setor de avicultura de postura e coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, com início em 30 de outubro de 2020, com duração de 84 dias divididos em 3 períodos de 28 dias cada.

O presente trabalho foi delineado em um delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 3x2, utilizando três fontes lipídicas e dois níveis de energia 2.800kcal/kg basal e 2.704kcal/kg + emulsificante. Utilizando 6 tratamentos (Ração basal + óleo de soja, ração basal + sebo bovino, ração basal + gordura de aves, ração reduzida óleo de soja + emulsificante, ração reduzida sebo bovino + emulsificante e ração reduzida gordura aves + emulsificante), com 9 repetições e 5 codornas (*coturnix coturnix japonica*) por unidade experimental, totalizando um plantel de 270 aves em fase de postura. A dieta com redução

energética pressupõe que o emulsificante Lipocel na inclusão 100 g/ton disponibilize 96kcal/kg durante a fase de posturas das aves.

O alojamento das aves foi em gaiolas de arame galvanizado com as seguintes dimensões: 50 x 50 x 16,5cm (comprimento x largura x altura), contendo duas divisórias de 25 x 50cm totalizando uma área de 1.250cm<sup>2</sup>. A densidade animal por unidade experimental foi de 250cm<sup>2</sup>/ave, utilizando 270 aves com 17 semana de vida.

As rações experimentais foram fornecidas *ad libitum*, duas vezes ao dia, em comedouros tipo calha, compostos de chapa metálica galvanizada, percorrendo toda a extensão das gaiolas, o comedouro tinha repartições adaptadas de acordo com cada tratamento e repetição. A água teve seu fornecimento à vontade em bebedouros tipo *nipple*. Conforme as composições recomendadas pelo INRA (1999), as rações foram formuladas a base milho e farelo de soja (Tabela 1).

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais formuladas.

Alimentos	Óleo Soja (OS)	Sebo Bovino (SB)	Gordura de aves (GA)	OS + E <sup>2</sup>	SB + E <sup>2</sup>	GA + E <sup>2</sup>
Milho, 7,88%	49,8090	49,8090	49,8090	49,8090	49,8090	49,8090
Farelo de soja, 45%	33,1878	33,1870	33,1870	33,1870	33,1870	33,1870
Calcário	7,5448	7,5440	7,5440	7,5440	7,5440	7,5440
Óleo de soja	4,0000	-	-	2,9079	-	-
Sebo bovino	-	4,0000	-	-	3,4543	-
Gordura aves	-	-	4,0000	-	-	2,9446
Inerte	3,5000	1,9255	3,3779	4,5810	4,0350	4,5450
Amido	-	1,5765	0,1241	-	-	-
Fosfato Bicálcico	1,0654	1,0650	1,0650	1,0650	1,0650	1,0650
Sal comum	0,3360	0,3360	0,3360	0,3360	0,3360	0,3360
DL-Metionina	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
L-Lisina	0,1570	0,1570	0,1570	0,1574	0,1570	0,1570
Min-Aves	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000
Vit-Aves	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000
Emulsificante (E)	-	-	-	0,012	0,012	0,012
Total	100,0000	100,0000	100,0000	100,0000	100,0000	100,0000
Atendimento das exigências nutricionais – Matéria Natural						
Nutrientes	Óleo Soja	Sebo Bovino	Gordura de aves	OS + E	SB + E	GA + E
Cálcio, %	3,2000	3,1996	3,1996	3,1996	3,1996	3,1996

	2800,0001	2800,0001	2800,0001	2704,0001	2704,0001	2704,0001
EMA Kcal/Kg				1		
Fosforo Disponível %	0,3000	0,2999	0,2999	0,2999	0,2999	0,2999
Fósforo Total, %	0,5057	0,5074	0,5074	0,5074	0,5074	0,5074
Lisina Total, %	1,1636	1,1636	1,1636	1,1639	1,1636	1,1636
MET+Cistina Total, %	0,7872	0,7872	0,7872	0,7872	0,7872	0,7872
Metionina Total, %	0,4768	0,4768	0,4768	0,4768	0,4768	0,4768
Proteína bruta, %	19,2000	19,1996	19,1996	19,2000	19,1996	19,1996
Sódio, %	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
Redução Kca/Kg	96,	-	-	96	96	96

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico/Kg de dieta: Ácido Fólico (Min.) 145,4mg; Ácido Pantotênico (Min.) 5.931,6mg; Colina (Min.) 121,8g; Niacina (Min.) 12,9g; Selênio (Min.) 480,0mg; Vitamina A (Min.) 5.000.000,0 UI; Vitamina B12 (Min.) 6.500,0mcg; Vitamina B2 (Min.) 2.000,0mg; Vitamina B6 (Min.) 250,0mg; Vitamina D3 (Min.) 1.850.000,0UI; Vitamina E (Min.) 4.500,0UI; Vitamina K3 (Min.) 918,0mg. <sup>2</sup>Suplemento mineral/Kg: Cobre (Min.) 7.000,0mg; Ferro (Min.) 50,0g; Iodo (Min.) 1.500,0mg; Manganês (Min.) 67,5g; Zinco (Min.) 45,6g; <sup>2</sup>Emulsificante.

Os manejos foram realizados diariamente com recolhimento dos ovos sendo estes computados em planilhas. Os ovos eram coletados no período da manhã as 8:00 horas, e após a coleta era realizado o fornecimento de ração e leitura das temperaturas (mínima e máxima) e umidade relativa do ar (UR), através de um termo-higrômetro. Os ovos coletados eram computados como ovos íntegros, ovos de casca trincada, casca mole e ovos sem casca.

As codornas foram estimuladas com programa de luz artificial, com estímulos crescentes após a postura do primeiro ovo, com lâmpadas de led, ligadas após as 18:00 horas, até o período luminoso atingir 16 horas, o programa era controlado através de (timer).

### 3.1 Desempenho

As variáveis de desempenho foram avaliadas ao final de cada período experimental (28 dias), onde as sobras de ração de cada unidade experimental foram pesadas e descontadas da quantidade de ração fornecida a fim de se obter o consumo de ração. Na relação da mortalidade durante o período experimental, as aves mortas foram contabilizadas e o consumo médio foi descontado e corrigido, obtendo-se assim o consumo médio verdadeiro conforme a unidade experimental.

Para a produção de ovos (ovos/ave/dia), os mesmos foram coletados e contabilizados sempre no período da manhã, onde constavam ovos íntegros e

perdas (quebrados, trincados e deformados). Esses ovos foram contabilizados e expressos em porcentagem sobre a média de aves por período (ovos/ave/dia) e, sobre o número de aves alojadas no início do experimento (ovo/ave alojada).

Em relação à produção de ovos comercializados em cada período (28 dias), foi descontado o número de ovos quebrados, trincados e deformados (casca mole ou sem casca) da produção total de ovos, contabilidade essa que auxiliou no cálculo de relação entre ovos íntegros e totais de ovos produzidos durante cada período. Ao final de cada período foram coletados e identificados quatro ovos por unidade experimental para obtenção do peso médio, o peso médio dos ovos multiplicado pela produção de ovos/ave/dia, obtendo-se assim a massa de ovos totais.

A conversão alimentar por dúzia de ovos foi obtida através do cálculo de ração total consumida (kg), dividido pela dúzia de ovos produzida (kg/dz), e para o cálculo da conversão alimentar por massa de ovos utilizou-se os dados de consumo de ração (kg) dividido pela massa total de ovos (kg/kg).

As aves mortas foram contabilizadas e monitoradas diariamente ou conforme o dia da morte, para que ao final do período experimental fosse obtida a taxa de viabilidade das aves, calculada pela diferença do número de aves vivas pelo número de aves mortas, sendo o resultado final convertido em porcentagem.

### **3.2 Digestibilidade dos nutrientes**

O ensaio de digestibilidade das fontes lipídicas foi realizado pelo método de coleta total de excretas ao final do período experimental total (84 dias de avaliação), com o auxílio de uma bandeja coletora móvel que se encontrava em baixo da cada unidade experimental. A coleta das excretas foi feita durante 4 dias, duas vezes ao dia, às 08h00 e às 17h00.

Em cada coleta, as excretas eram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados conforme tratamento e repetição do experimento e, em seguida, levadas ao freezer para armazenamento e congelamento a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Ao final do período de coleta foi determinado a quantidade de ração consumida, bem como a quantidade total de excretas produzidas, as quais foram homogeneizadas e congeladas.

No momento das análises as amostras foram descongeladas, homogeneizadas e retirou-se uma alíquota de cada unidade experimental, essas alíquotas foram pesadas, e encaminhadas a pré-secagem em estufa com ventilação forçada à temperatura controlada de 55°C por 72 horas. Posteriormente a retirada das amostras da estufa, o material foi exposto ao ar ambiente para que houvesse equilíbrio com a temperatura e umidade do ambiente. Esse material amostral foi pesado e submetido à moagem, em moinho tipo faca com peneira de 1mm, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos e identificadas para as análises laboratoriais.

Os teores de umidade e nitrogênio das excretas e das rações foram obtidas através da metodologia aplicada e descrita por Silva e Queiroz (2002). Em relação a energia bruta das dietas, das fontes lipídicas e das excretas, sua obtenção ocorreu por meio de bomba calorimétrica (IKA® modelo PARR 6200). Os valores de EMA (energia metabolizável aparente) e EMAn (energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio) foram calculados utilizando as equações descritas por Matterson et al. (1965):

$$\text{EMA da DT ou RB (kcal/kg)} = \frac{(\text{EB ingerida} - \text{EB excretada})}{\text{Ingestão de alimento}}$$

$$\text{EMA da fonte lipídica (kcal/kg)} = \text{EMA RB} + \frac{(\text{EMA DT} - \text{EMA RB})}{\% \text{ de substituição}}$$

$$\text{EMAn da DT ou RB (kcal/kg)} = \frac{(\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} + 8,22 \times \text{BN}))}{\text{Ingestão de alimento}}$$

$$\text{EMAn da fonte lipídica (kcal/kg)} = \text{EMAn RB} + \frac{(\text{EMAn DT} - \text{EMAn RB})}{\% \text{ de substituição}}$$

Em que:

DT = dieta teste,

RB = ração basal,

EB = energia bruta,

BN = balanço de nitrogênio = N ingerido – N excretado.

O cálculo do coeficiente de metabolizabilidade (CM) para a coleta total de excremento foi feito conforme a equação:

$$CM(\%) = \frac{QNR - QNE}{QNR} \times 100$$

Em que:

QNR = Quantidade de nutriente da ração,

QNE = Quantidade de nutrientes da excreta.

### 3.3 Qualidade dos ovos

As quantificações dos componentes dos ovos foram determinadas realizadas por meio do peso da gema, peso do albúmen e o peso da casca. Para isso, foram coletados quatro ovos íntegros de cada unidade experimental no último dia dos três períodos de 28 dias, totalizando 648 ovos, sendo 216 ovos por período.

Para analisar os períodos de armazenamento, foram coletados nos dias 0 (ovos frescos), 7 e 14 dias de armazenamento, 216 ovos, sendo quatro de cada unidade experimental. Os ovos foram armazenados em sala com temperatura ambiente, livre de incidência solar direta, em local seco e arejado. Todos os ovos coletados foram devidamente identificados e pesados em balança de precisão de 0,001g. Após a pesagem, os ovos foram encaminhados para as análises de qualidade.

#### 3.3.1 Gravidade específica

A gravidade específica foi obtida pela imersão dos ovos em solução salina com diferentes densidades, variando de 1,065 a 1,100, em intervalos de 0,005 seguindo a metodologia citada por Castelló et al. (1989). Para cada densidade, foram utilizados baldes de 5 litros, contendo água destilada sendo adicionado sal (NaCl) até atingir a densidade desejada, determinada pelo densímetro da marca Incotem®. Os ovos, previamente identificados, foram imersos na solução salina,

gradualmente, ou seja, da menor para a maior densidade, até flutuarem, sendo então considerada sua gravidade específica.

### **3.3.2 Coloração da gema**

A determinação da colorimetria foi realizada através de um colorímetro Minolta CR-400b, devidamente calibrado com padrões pré-estabelecidos por Bible e Singha (1993). Para isso, os ovos foram quebrados em uma superfície plana e de coloração branca, evitando interferência do meio. A leitura com o colorímetro foi realizada em três pontos aleatórios na superfície da gema, mantendo sua integralidade. Os resultados observados no equipamento ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), por meio de refletância, indicam caracterização da coloração da gema como  $a^*$  variando do vermelho ( $+a^*$ ) ao verde ( $-a^*$ ), e  $b^*$  variando do amarelo ( $+b^*$ ) ao azul ( $-b^*$ ), além da luminosidade ( $L^*$ ) variando do branco ( $L = 100$ ) ao preto ( $L = 0$ ) (HARDER, 2007).

### **3.3.3 Altura e diâmetro da gema e albúmen**

Para as mensurações das alturas e diâmetros foi utilizado um paquímetro com o auxílio de um tripé, sendo medida a altura da gema na região central e a altura do albúmen a 4 mm da gema. Essa análise foi realizada apenas por um indivíduo para ter uma maior acurácia dos dados.

### **3.3.4 Peso e percentagem da gema, albúmen e casca**

A gema foi separada do albúmen para ser pesada individualmente em balança digital. Através de diferença do peso do ovo, da gema, e da casca foi obtido o peso do albúmen. As cascas foram lavadas para a retirada de resíduos de albúmen e gema, e secas em estufa 65°C por 72 horas. A porcentagem de casca, gema e albúmen, foram obtidas através da divisão destes componentes pelo peso do ovo e o resultado multiplicado por 100.

### **3.3.5 Unidade de Haugh**

Unidade de Haugh (UH), variável largamente utilizada na determinação da qualidade de ovos, possui relação direta com o peso do ovo ( $w$ , g) e a altura do albúmen ( $h$ , mm), sendo determinada pela equação 4.

$$UH = 100\log(h + 7,57 - 1,7w^{0,37}) \quad \text{Eq. (4)}$$

A UH determina que quanto maior o valor encontrado, melhor será a qualidade dos ovos, classificados, de acordo com USDA (2000), em ovos tipo AA (100 até 72), A (71 até 60), B (59 até 30) e C (29 até 0).

### 3.3.6 Espessura de casca

Após as cascas passarem pelo processo de lavagem e secagem, foi mensurada a espessura de casca, onde com o auxílio de um paquímetro de precisão de 0,001mm da marca Digimess, realizou-se 3 leituras em pontos diferentes na região centro-transversal da casca.

### 3.3.7 Índice de gema

Através do cálculo da relação entre a altura e o diâmetro da gema foi obtido o índice de gema.

$$YI = YH/YD$$

Onde:

YI: índice de gema

YH: altura de gema

YD: diâmetro de gema

## 3.4 Perfil de ácidos graxos da gema

Para quantificar os ácidos graxos da gema do ovo realizou-se a extração da fração lipídica dos ovos seguindo metodologia Bligh & Dyer (1959). Foram pesadas 60 mg dessa fração extraída e, em seguida, foi encaminhada ao processo de metilação, segundo Maia & Rodriguez-Amaya. (1993), visando à preparação para a seguinte análise de cromatografia gasosa.

Para realizar a análise de metílicos dos ácidos graxos utilizou-se um cromatógrafo gasoso (termo), equipado com detector de ionização de chama,

injetor “Split/splitless”, coluna capilar de sílica fundida contendo polietilenoglicol como fase estacionária (DB-Wax, 30m x 0,25 mm, J&W Scientific), nas seguintes condições cromatográficas: temperatura do injetor de 250°C; temperatura do detector de 260°C, gás de arraste hidrogênio com fluxo de 1,0 mL/min., gás “make-up” nitrogênio a 20mL/min, e volume de injeção de 1µL.

Para a identificação dos ácidos graxos compararam-se os tempos de retenção com os padrões ésteres metílicos (Sigma-Aldrich), enquanto a quantificação foi realizada pela normalização de área expressando-se o resultado em percentual de área de cada ácido sobre a área total de ácidos graxos.

Podemos observar a porcentagem de cada ácido graxo encontrado nas dietas formuladas e o total de ácidos graxos encontrados conforme seu tratamento na Tabela 2.

Tabela 2. Porcentagem de ácidos graxos encontrados nas dietas formuladas.

Ração	C16:0 <sup>1</sup>	C16:1 <sup>2</sup>	C18:0 <sub>3</sub>	C18:1w9 <sup>4</sup>	C18:2w6 <sup>5</sup>	C18:3w3 <sup>6</sup>	C20:4w6 <sup>7</sup>	C22:6w3 <sub>8</sub>	TOTAL
Óleo soja	13,95	0,53	7,13	26,67	44,82	2,12	0,13	0,12	95,47
Redução energia óleo soja + Emulsificante	14,45	4,03	7,41	25,42	42,28	1,18	0,11	0,11	94,99
Sebo Bovino	23,16	2,93	27,34	36,67	5,13	0,12	0,11	0,12	95,58
Redução energia sebo Bovino + Emulsificante	22,98	2,89	27,67	36,99	5,08	0,11	0,10	0,11	95,93
Gordura Aves	20,56	6,94	8,03	42,54	16,97	0,89	0,10	0,11	96,14
Redução energia gordura aves + Emulsificante	20,56	6,67	7,98	42,58	16,91	0,85	0,11	0,11	95,77

<sup>1</sup>Ácido palmítico; <sup>2</sup>Ácido palmitoléico; <sup>3</sup>Ácido esteárico; <sup>4</sup>Ácido oleico (ômega-9); <sup>5</sup>Ácido linoleico (ômega-6); <sup>6</sup>Ácido  $\alpha$ -linolênico (ômega-3); <sup>7</sup>Ácido araquidônico; <sup>8</sup>Ácido docosaheptaenóico.

### 3.5 Análise estatística

Os dados foram analisados através do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2012), para verificar as premissas estatísticas de normalidade dos resíduos utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo Teste de Levene. Os dados de qualidade de ovos

e perfil lipídico foram submetidos a análise de variância através do procedimento MIXED do SAS (SAS 9.3).

O efeito de período foi inserido no modelo como covariável. Foram avaliadas as interações entre os fatores fonte e nível de energia da dieta. Quando presentes as interações, os efeitos foram desdobrados e as médias comparadas com uso do teste de Tukey. Quando ausentes os efeitos das interações, as médias dos efeitos principais foram comparadas com uso do mesmo teste.

Os dados de conservação de ovos foram submetidos a análise de variância através do procedimento MIXED do SAS (SAS 9.3) com o uso do comando REPEATED no qual os dias de avaliação foram considerados medidas repetidas no tempo. O efeito de período foi inserido no modelo como covariável. Quando significativos os efeitos das interações entre fontes lipídicas e tempo, foram desdobrados e avaliados através de regressões utilizando polinomiais ortogonais. Quando avaliados os efeitos principais das fontes lipídicas para qualidade de ovos foi utilizado o teste Tukey para comparação das médias. O nível de significância para todas as análises realizadas foi de 5%.

#### 4 Resultados e discussão

Com relação ao desempenho zootécnico das codornas japonesas, a inclusão de emulsificante nas dietas formuladas com diferentes fontes lipídicas, apresentou interação para as variáveis: ovos comercializáveis (%) e conversão por dúzia de ovos (g/g). Também foram identificados efeitos significativos para as variáveis: consumo de ração, conversão por massa de ovos e viabilidade. As demais variáveis não apresentaram efeitos significativos ( $p < 0,05$ ) conforme demonstrado na tabela 3.

Tabela 3. Desempenho de codornas japonesas alimentadas com diferentes fontes de óleo com ou sem inclusão de emulsificante.

Variável	Emulsificante (E)	Fontes lipídicas (F)			Média	EPM <sup>1</sup>	Probabilidades		
		Soja	Sebo	Gordura Aves			Fonte	Emuls+Energi a reduzida <sup>2</sup>	E*F
Consumo (g)	Com	29,937	31,721	29,879	30,524A	0,263	0,0450	0,0131	0,6359
	Sem	29,267	29,816	28,620	29,234B				
	Média	29,620ab	30,768a	29,250b	29,879				

Produção Ovos (%)	Com	91,865	89,909	91,400	91,058				
	Sem	91,390	93,710	90,853	91,984	0,474	0,8380	0,3405	0,1148
	Média	91,126	91,627	91,809	91,532				
Ovos comercializáveis (%)	Com	91,483Aa	88,475Ba	92,772Aa	90,910				
	Sem	91,218Aa	93,387Aa	90,528Aa	91,711	0,523	0,8308	0,4078	0,0088
	Média	91,351	90,931	91,65	91,283				
Viabilidade (%)	Com	97,777	91,851	97,777	95,802				
	Sem	96,296	95,555	97,777	96,543	0,69	0,0299	0,5762	0,2598
	Média	97,037ab	93,703b	97,778a	96,172				
Conversão Massa (g/g)	Com	3,156	3,347	3,067	3,190A				
	Sem	3,111	3,057	3,027	3,065B	0,029	0,0792	0,0261	0,1105
	Média	3,134	3,202	3,047	3,129				
Conversão dúzia (g/g)	Com	2,813Aa	3,14Bb	2,692Aa	2,884				
	Sem	2,808Aa	2,762Aa	2,714Aa	2,761	0,033	0,006	0,0535	0,0149
	Média	2,81	2,955	2,703	2,822				
Massa Ovos (g)	Com	9,435	9,448	9,722	9,535				
	Sem	9,463	9,779	9,416	9,553	0,066	0,5232	0,8858	0,112
	Média	9,449	9,613	9,569	9,544				
Peso Ovo (g)	Com	10,274	10,568	10,396	10,413				
	Sem	10,467	10,441	10,358	10,422	0,045	0,2972	0,9066	0,2433
	Média	10,370	10,505	10,377	10,417				

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. <sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Emulsificante+Energia reduzida 96Kcal/kg.

A interação entre fontes lipídicas e emulsificante influenciaram a variável ovos comercializáveis, a utilização de sebo bovino sem a inclusão de emulsificante apresentou maior porcentagem de ovos comercializáveis, quando comparado com a inclusão do aditivo, já para a utilização de óleo de soja e gordura de aves não houve diferença significativa, quando comparadas as diferentes fontes lipídicas com ou sem inclusão do aditivo. Já a dieta contendo o sebo bovino com inclusão do aditivo emulsificante apresentou o menor resultado, mas não apresentou diferença significativa dos demais tratamentos.

Para a variável conversão alimentar por dúzia de ovos, os animais que consumiram a dieta contendo sebo bovino apresentaram uma maior conversão/dúzia quando consumiram a dieta com a inclusão do aditivo, já para a utilização de óleo de soja e gordura de aves suplementadas com o aditivo não foram verificados diferença significativas ( $p>0,05$ ). Quando se compara as dietas contendo diferentes fontes de lipídios sem a inclusão do aditivo emulsificante, a

conversão alimentar/dúzia de ovos das codornas não foi distinta entre os tratamentos.

As codornas alimentadas com dietas formuladas com sebo bovino apresentaram maior consumo de ração enquanto as aves alimentadas com gordura de aves apresentaram o menor consumo de ração. Quanto a utilização de aditivo emulsificante, as fontes lipídicas adicionadas do aditivo apresentaram maior consumo de ração quando comparadas as dietas isentas do emulsificante.

A viabilidade das codornas apresentou o pior resultado para aquelas que receberam a dieta composta por sebo bovino, enquanto aquelas que receberam a gordura de aves apresentaram a maior viabilidade.

Já para a variável conversão por massa de ovos, as dietas com as distintas fontes lipídicas não proporcionaram diferenças, porém a inclusão do aditivo proporcionou os maiores valores dessa variável.

As demais variáveis como: produção de ovos, massa de ovos e peso dos ovos não apresentaram efeitos significativos para interação e nem efeitos isolados das fontes com e sem inclusão de emulsificante na dieta das aves.

Isso mostra que foi possível reduzir a energia da dieta e adicionar emulsificantes para maior disponibilização da energia contida nos lipídeos sem comprometimento do desempenho das aves, independentemente da fonte. O emulsificante quando reduzida a EMAN das dietas proporcionou resultados similares para as dietas com apenas o óleo de soja e gordura de aves, porém nas dietas contendo sebo bovino este mesmo resultado não foi observado, a adição de emulsificante em dietas reduzidas em energia não se equiparou a dieta sem redução e como sebo bovino como fonte lipídica,

Avaliando-se o maior consumo das aves quando alimentadas com dietas reduzidas em energia e adicionadas de emulsificantes, pode-se relacionar a uma maior necessidade de alimento para que suas demandas energéticas sejam supridas, para compensar esta redução de EMAN nas dietas as aves tiveram que consumir mais alimento, mesmo esperando-se que o emulsificante fosse capaz de disponibilizar energia suficiente. Souza et al. (2019), utilizando goma de soja a 5% de inclusão, como emulsificante em dietas de poedeiras comerciais, também observaram aumento no consumo de ração. Embora informações disponíveis relacionadas aos efeitos da goma de soja assim como outros emulsificantes nas dietas de galinhas poedeiras sejam muito limitadas,

reconhece-se que esses ingredientes são extracalóricos (Bertechini, 2006), e afetam a disponibilização de nutrientes.

Guido et al. (2015) trabalhando com o efeito da lecitina em dietas contendo óleos de soja ácido e degomado, não encontraram interações entre os tipos de fonte lipídica e a presença ou não de lecitina como emulsificante na dieta de codornas japonesas e não observaram alterações significativas para as variáveis de desempenho. Grobas et al. (2001), não apresentaram diferenças para as variáveis consumo de ração, conversão alimentar e conversão alimentar por dúzia de ovos em poedeiras alimentadas com ração suplementadas com óleo de soja e sebo bovino. Pumrojana et al. (2015) em estudo com poedeiras da idade de 42 semanas alimentadas com ração contendo 10% de óleo de soja e sebo bovino, não verificaram diferença significativa para consumo de ração, entretanto ambos trabalhos não utilizaram emulsificantes em suas formulações. Os resultados encontrados se aproximam do presente estudo, porém existem algumas divergências entre os achados.

Em relação as fontes lipídicas utilizadas os resultados observados se assemelham a Martins et al. (2017), que também não verificaram diferenças para consumo de ração e conversão alimentar por massa de ovo utilizando óleo de soja ou sebo bovino na ração das aves.

Grobas et al. (1999), ressaltam que os resultados conflitantes encontrados na literatura, possuem relação entre os diferentes protocolos experimentais utilizados, como linhagens, peso e idade das aves, assim como a criação e condições ambientais diversas, além da variedade de ingredientes utilizados bem como a qualidade.

Assim como o maior consumo de ração corrobora a pior conversão alimentar por dúzia de ovos nas dietas com a inclusão de emulsificante, com aumento de consumo de ração e produção de ovos similares há uma piora na conversão alimentar, fato também observado por Hulan & Proudfoot (1981) em estudo com galinhas poedeiras alimentadas com inclusão de goma de soja, em que os autores não encontraram efeitos significativos na produção de ovos, mas verificaram aumento na quantidade de ração necessária para produzir uma dúzia de ovos e piora na conversão alimentar.

Martins et al. (2017), utilizando óleo de soja e sebo bovino na ração de poedeiras, verificaram que os ingredientes não ocasionaram mortalidade nas

aves, diferentemente do encontrado para os animais alimentados com a dieta contendo sebo bovino que apresentou uma menor viabilidade.

Avaliando-se as variáveis obtidas no ensaio de metabolismo verificou-se que apenas a energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMan/Kcal/kg), apresentou resultados significativos nas dietas com redução de energia e inclusão de emulsificante, conforme apresentado na tabela 4.

Tabela 4. Energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMan/kcal/kg), coeficiente metabolizável para matéria seca (CMMS), coeficiente metabolizável da proteína bruta (CMPB), coeficiente metabolizável da matéria mineral (CMMM) e coeficiente metabolizável para extrato etéreo.

Variável	Emulsificante (E)	Fonte			Média	EPM <sup>1</sup>	Probabilidades		
		Soja	Sebo	Gordura Aves			Fonte	Emuls+Energia reduzida <sup>2</sup>	E*F
EMAn(Kcal/kg) <sup>3</sup>	Com	2,382	2,400	2,381	2,387B	0,019	0,8509	0,0065	0,937 2
	Sem	2,508	2,506	2,474	2,496A				
	Média	2,427	2,453	2,445	2,441				
CMMS (%) <sup>4</sup>	Com	81,468	80,344	81,648	81,154	0,575	0,8263	0,4243	0,452 1
	Sem	82669,000	82,959	80,687	82,105				
	Média	82,069	81,652	81,168	81,629				
CMPB (%) <sup>5</sup>	Com	66,564	61,954	65,197	64,572	0,998	0,7993	0,8636	0,472 8
	Sem	64,610	65,841	64,331	64,927				
	Média	65,587	63,897	64,764	64,750				
CMMM(%) <sup>6</sup>	Com	46,847	49,604	42,526	46,326	0,952	0,4182	0,1496	0,192 6
	Sem	49,885	47,982	49,604	49,067				
	Média	48,366	48,793	45,930	47,696				
CMEE(%) <sup>7</sup>	Com	74,154	76,902	65,949	72,335	0,542	0,799	0,4802	0,054 8
	Sem	73,189	75,573	57,602	68,788				
	Média	73,672	76,238	61,775	70,872				

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. <sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Emulsificante+Energia reduzida 96Kcal/kg; <sup>3</sup>Energia metabolizável corrigida para nitrogênio; <sup>4</sup>Coeficiente metabolizável para matéria seca; <sup>5</sup>Coeficiente metabolizável para proteína bruta; <sup>6</sup>coeficiente metabolizável para matéria mineral; <sup>7</sup>Coeficiente metabolizável para extrato etéreo.

De acordo com o fabricante do emulsificante, sua inclusão promoveria a liberação de 96 kcal/kg da dieta, embasando a redução determinada para as dietas utilizadas. Quando avaliada a redução de energia proposta no presente estudo, os valores médios obtidos no ensaio de metabolismo demonstraram que as dietas disponibilizaram menos energia do que o esperado, e que a redução comparativa entre as duas dietas foi superior as 96 kcal/kg propostas.

Estes achados podem explicar o maior consumo de ração das aves alimentadas com as dietas com adição do emulsificante, devido a menor disponibilização de energia, as aves aumentaram seu consumo de ração para poder atender suas exigências nutricionais (Morris, 2004; Barreto et al., 2007). Possivelmente a redução proposta pelo fabricante é uma estratégia mais agressiva do que as codornas conseguem aproveitar das dietas sem aumentar o consumo, neste sentido, as adoções de menores reduções de energia nas dietas podem ser alternativas para um melhor aproveitamento dos nutrientes sem comprometer o consumo e a conversão alimentar.

Barreto et al. (2007), mensurando níveis de energia metabolizável em codornas japonesas, relataram que a energia é o principal componente nutricional determinante para o desempenho, principalmente porque cerca de 20% da energia consumida é destinada à produção, ou seja, se a quantidade fornecida não for suficiente, ocorrerá a queda na produção, fatos que não foram observados no presente estudo, no qual o impacto foi relacionado à pior conversão alimentar. Cordeiro et al. (2003), recomendam para codornas japonesas dietas formuladas com 2.600 Kcal de EM/kg para maior produção e peso de ovos e 2.850 Kcal de EM/Kg para obter uma melhor conversão alimentar.

Araújo et al. (2018), trabalhando com energia metabolizável de diferentes fontes lipídicas ricas em lipídios n-6 e n-3 em galinhas poedeiras, encontraram diferentes valores de EMAn entre as fontes lipídicas, diferentemente dos resultados encontrados na presente pesquisa, onde as diferentes fontes lipídicas não apresentaram diferenças significativas. Esse fato está relacionado à composição do ingrediente utilizado.

Múltiplos fatores interferem nos valores de energia metabolizável dos alimentos, como, por exemplo, quantidade, frequência e tempo de fornecimento dos alimentos e a taxa de passagem no trato gastrointestinal (Rabello, 2002), a idade das aves (Santos et al., 2006), composição química, assim como granulometria, e o processamento da ração (Penz Jr et al., 1999). Segundo Sakamoto et al. (2006), os valores energéticos e a digestibilidade dos nutrientes são influenciados pelo rápido tempo de passagem do alimento pelo intestino das codornas sendo estimado entre 1 a 1,5 horas diferentemente das galinhas que possuem intervalo estimado de e de 3 a 5 horas.

Na tabela 5 estão demonstrados os resultados das análises de qualidade de ovos. Apenas a unidade Haugh apresentou efeito de interação entre fonte lipídica e a inclusão de emulsificante nas dietas de codornas de postura.

Nas dietas com inclusão de emulsificante, as codornas que receberam a dieta contendo óleo de soja apresentaram uma maior UH, comparadas com aquelas que receberam gordura de aves. A não utilização do emulsificante nas dietas não interferiu na UH para as codornas alimentadas com qualquer uma das fontes lipídicas.

A utilização de sebo bovino na dieta de codornas japonesas proporcionou um maior peso da gema (Tabela 5), não possuindo diferença em relação a utilização de óleo de soja. Já a gordura de aves proporcionou o menor resultado para essa variável, também não diferindo do óleo de soja. Isso pode ter ocorrido devido ao grau de concentração de ácidos graxos nas diferentes fontes lipídicas.

Na coloração da cor "a\*" (Tabela 5), apenas foi observado o efeito da fonte lipídica e do uso de emulsificantes de forma isolada, de modo que a gordura de aves e o óleo de soja não apresentaram diferenças entre si, apresentando uma coloração mais avermelhada, resultando em valores mais negativos comparados com o sebo bovino, que apresentou uma coloração tendendo ao verde. O uso do emulsificante resultou em valor da cor "a" mais negativa, ou seja, puxando mais para o vermelho, quando comparado à não inclusão dele, semelhante ao reportado por Harder (2007).

Em relação a coloração b\*, apenas foi observado o efeito da fonte lipídica, em que o sebo bovino nas dietas proporcionou maior valor quando comparado à coloração da gema dos ovos das aves que receberam óleo de soja, apresentando uma coloração mais amarelada.

As variáveis peso do ovo, peso do albúmen, gravidade específica, valor de L\*, altura do albúmen, altura e diâmetro da gema, peso e espessura de casca, índice de gema, porcentagem de gema, casca e albúmen, não apresentaram resultados significativos, demonstrando que as fontes avaliadas com ou sem inclusão de emulsificantes podem ser utilizadas na dieta de codornas de postura.

A unidade Haugh é o parâmetro mais utilizado para expressar a qualidade do albúmen, considerada uma expressão matemática que correlaciona o peso dos ovos com a altura do albúmen denso, de modo que quanto maior o valor de unidade Haugh, melhor é a qualidade do ovo (Alleoni & Antunes., 2001).

Bertipaglia et al., (2016), utilizando óleo de soja, gordura de aves, resíduo de pescado e semente de uva, não apresentaram resultados significativos para unidade Haugh, resultados diferentes com os encontrados na presente pesquisa onde as codornas que receberam a dieta contendo gordura de aves suplementada com o emulsificante apresentaram menor unidade de Haugh quando comparadas aquelas nutridas com óleo de soja. Apesar das diferenças encontradas, os resultados caracterizam uma boa qualidade interna dos ovos, pois os valores acima de 72 indicam boa qualidade no que diz respeito ao frescor de acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2000).

Grobas et al. (2001), adicionando diferentes fontes lipídicas como sebo bovino e óleo de soja, não observaram resultados significativos para variável unidade Haugh. Estes valores podem estar relacionados com a idade das aves, quando comparados com galinhas, aves jovens possuem maior valor para unidade Haugh quando comparadas com aves velhas, independente da dieta fornecida (Oliveira et al., 2010).

Grobas et al. (2001), não observaram diferenças no peso da gema em poedeiras alimentadas com óleo de soja e sebo bovino, assim como no presente estudo. Contudo, os autores verificaram que o tratamento contendo óleo de soja, proporcionou maiores valores para peso de ovos, massa de ovos, peso albúmen e casca do ovo quando comparados às mesmas variáveis naquelas aves que receberam sebo bovino. Tais achados podem indicar que o maior peso estaria atribuído ao maior peso do albúmen proporcionado pelo ácido linoleico.

Conforme descrito por Whitehead et al. (1993), a síntese de triglicerídeos e lipoproteínas de baixa densidade no fígado, e a síntese de albumina no oviduto, tem a ocorrência sobre o controle do estradiol, devido a inclusão de ácidos graxos via dieta, principalmente o ácido linoleico, possivelmente influenciando o aumento do peso da gema e do albúmen.

Trabalho realizado por Bragg et al. (1973), avaliando 4 níveis de sebo bovino, óleo de soja, girassol e colza nas rações de galinhas poedeiras, notaram que quando aumentam os níveis para 2% de sebo bovino, esses animais tiveram o peso de gema levemente elevado quando comparados com aqueles obtidos do tratamento com óleo de soja; de acordo com os autores, o fato de aumentar

a ingestão energética melhorou a conversão alimentar e o peso dos ovos e da gema.

Tabela 5. Qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem emulsificante na dieta.

Variável	Emulsificante (E)	Fonte (F)			Média	EPM <sup>1</sup>	Probabilidades		
		Gordura Aves	Sebo	Soja			Fonte	Emuls+Energi a reduzida <sup>5</sup>	E*F
Peso Ovos (g)	Com	10,395	10,624	10,274	10,431	0,039	0,1584	0,9204	0,1453
	Sem	10,357	10,441	10,465	10,421				
	Média	10,376	10,532	10,370	10,426				
Peso Gema (g)	Com	3,278	3,390	3,294	3,321	0,018	0,0265	0,3675	0,8805
	Sem	3,238	3,345	3,288	3,290				
	Média	3,258b	3,368a	3,291ab	3,330				
Peso Albúmen (g)	Com	6,556	6,426	6,15	6,377	0,043	0,1129	0,6386	0,1617
	Sem	6,397	6,462	6,393	6,418				
	Média	6,476	6,444	6,272	6,397				
Gravidade específica	Com	1,072	1,072	1,074	1,073	0,0001	0,0621	0,4590	0,1647
	Sem	1,073	1,073	1,073	1,073				
	Média	1,072	1,072	1,074	1,073				
L* <sup>2</sup>	Com	55,566	56,024	55,444	55,678	0,124	0,2458	0,1532	0,8798
	Sem	55,123	55,571	55,263	55,319				
	Média	55,344	55,798	55,353	55,498				
a* <sup>3</sup>	Com	-2,604	-2,193	-2,354	-2,384A	0,047	0,0018	0,0302	0,2367
	Sem	-2,269	-1,929	-2,369	-2,189B				
	Média	-2,437a	-2,061b	-2,362a	-2,286				
b* <sup>4</sup>	Com	35,321	36,694	36,101	36,039	0,245	0,0196	0,9270	0,1848
	Sem	35,919	37,229	34,84	35,996				
	Média	35,620ab	36,962a	35,471b	36,017				
Altura Albúmen (mm)	Com	3,726	3,841	4,054	3,873	0,039	0,2529	0,7536	0,0633
	Sem	3,9	3,933	3,851	3,895				
	Média	3,813	3,887	3,952	3,884				
Altura Gema (mm)	Com	10,125	10,423	10,258	10,269	0,037	0,1609	0,0501	0,3166

	Sem	10,117	10,151	10,118	10,129				
	Média	10,121	10,287	10,188	10,199				
Diâmetro gema (mm)	Com	22,743	22,993	22,526	22,754				
	Sem	22,78	22,645	22,663	22,696	0,072	0,3577	0,663	0,2948
	Média	22,762	22,819	22,595	22,725				
Peso casca (g)	Com	0,874	0,888	0,886	0,883				
	Sem	0,872	0,893	0,878	0,881	0,004	0,2583	0,8435	0,805
	Média	0,873	0,89	0,882	0,882				
Espessura casca (mm)	Com	0,217	0,217	0,222	0,219				
	Sem	0,218	0,22	0,223	0,22	0,001	0,2846	0,5823	0,9183
	Média	0,218	0,218	0,222	0,219				
Unidade Haugh	Com	84.055Bb	86.008Aab	87.845Aa	85,969				
	Sem	86.935Aa	86.040Aa	86.421Aa	86,465	0,285	0,0292	0,3301	0,0025
	Média	89,495	86,024	87,133	86,217				
Índice de gema	Com	0,446	0,454	0,456	0,452				
	Sem	0,444	0,445	0,448	0,446	0,001	0,353	0,0957	0,6889
	Média	0,445	0,449	0,452	0,499				
% Gema	Com	29,649	30,941	31,855	30,815				
	Sem	30,202	29,915	29,64	29,919	0,26	0,4249	0,0839	0,0925
	Média	29,925	30,428	30,748	30,367				
% Casca	Com	8,426	8,442	8,367	8,479				
	Sem	8,557	8,645	8,514	8,504	0,029	0,0939	0,6653	0,0757
	Média	8,434	8,462	8,579	8,491				
% Albúmen	Com	62,938	61,092	59,9	61,3				
	Sem	61,702	61,885	61,847	61,811	0,304	0,1465	0,3971	0,0943
	Média	62,32	61,474	60,874	61,555				

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. <sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup> variando do branco (L = 100) ao preto (L = 0); <sup>3</sup> variando do vermelho (+a\*) ao verde (-a\*); <sup>4</sup> variando do amarelo (+b\*) ao azul (-b\*).

Quando analisada as variáveis de colorimetria das gemas, por meio de refletância (HARDER, 2007), a variável “a” variando do vermelho (+a\*) ao verde (-A\*), e a variável “b” variando do amarelo (+b\*) ao azul (-b\*), apresentaram diferença significativa. Segundo Bittencourt et al., (2019) a intensidade da coloração das gemas é decorrente da deposição de pigmentos naturais, entre eles as xantofilas (grupo de pigmentos carotenoides), principalmente a luteína e a zeaxantina presentes no grão de milho, principal componente das formulações das dietas para aves. Neste sentido, a intensificação da coloração “a” com a utilização de emulsificantes pode ser explicada por influência dos componentes dos ovos serem metabolizados no fígado, sendo estes, quando absorvidos e presentes na corrente sanguínea são transportados para o ovário da galinha levando a ocorrência de deposição de compostos lipossolúveis, lipídeos, colesterol e carotenoides, levando a coloração amarelada – alaranjada de gema (Lopes et al., 2011). Alleoni & Antunes (2001) e Souza et al. (2019) utilizando emulsificantes nas dietas de poedeiras comerciais, encontraram diferença significativa para coloração de gema, resultando em pigmentação mais intensa, resultados similares aos encontrados no presente estudo.

Grobas et al. (2001) em sua pesquisa não observaram diferença significativa para a coloração das gemas quando fornecidas dietas que incluíam óleo de peixe, soja, girassol, linhaça, canola e sebo bovino. Roll et al., (2017) ao substituir o óleo de soja por óleo de soja ácido em dietas de codornas encontraram resultados semelhantes aos observados na presente pesquisa, em que níveis crescentes de óleo de soja ácido produziram gemas mais pigmentadas quando comparas com o grupo controle, onde a coloração vermelha ( $a^* = -5,26 + 0,14x$ ,  $R^2 = 0,89$ ,  $P = 0,01$ ), e a coloração amarela ( $b^* = 42,32 + 0,44x$ ,  $R^2 = 0,88$ ,  $P = 0,01$ ), obtiveram aumento na intensidade das colorações das gemas com maiores níveis de inclusão.

Osawa et al. (2006), explica que o teor de pigmento dos óleos brutos e degomados é alto e pode apresentar valores de carotenoides entre 40 e 50 mg/kg para óleos de soja e de 25 mg/kg para o óleo de canola bruto e de 50 mg/kg para óleo de canola degomado.

Com relação as análises de desempenho zootécnico em codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas alternativas com ou sem inclusão de emulsificante, mostrou que as fontes alternativas de lipídios podem ser utilizadas sem apresentar

efeitos negativos, visto que tanto a produção quanto a qualidade de ovos demonstraram estar dentro do esperado para codornas desta idade e fase produtiva.

Ao avaliar o efeito do armazenamento dos ovos de codornas submetidas as dietas contendo diferentes fontes lipídicas e o emulsificante em 3 períodos (0, 7 e 14 dias). Não foram observadas interações entre o tempo de armazenamento e os tratamentos para todas as variáveis analisadas (Tabelas 6).

O tempo de armazenamento isolado influenciou no peso da gema e no peso do albúmen, na porcentagem da gema, na porcentagem da casca, e na porcentagem do albúmen (Tabela 6). A fonte lipídica apresentou efeitos isolados para as variáveis peso do ovo, peso da gema, peso do albúmen e porcentagem de casca.

Adição isolada de emulsificante influenciou apenas o peso do albúmen e a gravidade específica (Tabela 6).

Tabela 6. Variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem emulsificante na dieta em diferentes períodos de armazenamento.

Fontes de Variação	Variáveis							
	Ovo (g)	Gema (g)	Albúmen (g)	Casca (g)	% Gema	% Casca	%Albúmen	Gravidade
Gordura de Aves	10.116 B	3.434 AB	6.141 AB	0.845B	31.098	8.413	59.699	1.068
Sebo Bovino	10.412 A	3.533 A	6.31 A	0.884A	30.638	8.543	60.067	1.068
Óleo de soja	10.012 B	3.402 B	5.885 B	0.850B	32.047	8.513	58.73	1.068
Emulsificante +	10.25	3.465	6.209 a	0.862	31.21	8.436	59.673	1.068
Emulsificante -	10.113	3.447	6.015 b	0.857	31.312	8.543	59.849	1.069
0	10.237	3.188	6.374	0.863	29.367	8.447	61.925	1.075
7	10.261	3.489	6.170	0.851	31.675	8.315	59.786	1.065
14	10.054	3.691	5.792	0.865	32.741	8.707	56.787	1.065
Probabilidades								
Armaz	0.0585	<0.0001	<0.0001	0.3100	0.0036	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fonte	0.0001	0.0028	0.0200	0.0002	0.3642	0.1946	0.2082	0.4528
Emulsificante	0.9211	0.5635	0.0466	0.4967	0.9014	0.0805	0.9709	0.0044
Fon*Arm	0.0821	0.5727	0.8872	0.6602	0.9186	0.5182	0.9709	0.6643
Emu*Arm	0.9404	0.8390	0.4295	0.2259	0.7703	0.3532	0.5843	0.0023
Emu*Fon	0.0919	0.0536	0.4861	0.3685	0.6688	0.2579	0.1556	0.6179
Arm*Emu*Fon	0.9649	0.6036	0.7477	0.5617	0.7799	0.9698	0.9522	0.7030
EPM <sup>1</sup>	0.041	0.023	0.052	0.004	0.412	0.032	0.9066	0.0004
Regressões polinomiais								
Variável	P-Valor	Efeito	Equações				r <sup>2</sup>	
Peso Gema (g)	<0.0001	Linear	y=3.205+0.0359x				0.4947	
Peso albumen (g)	<0.0001	Linear	y=6.400-0.0400x				0.1196	
% gema	0.0007	Linear	y=29.574+0.2409x				0.0693	
% casca	<0.0001	Quad	y=8.447-0.055x+0.005x <sup>2</sup>				0.0654	
%albumen	<0.0001	Linear	y=62.045-0.361x				0.224	
Gravidade	<0.0001	Quad	(Emul +) y=1.0745-0.0019x+0.00009x <sup>2</sup>				0.7972	
Específica	<0.0001	Quad	(Emul -) y=1.0772+0.00024x+0.000008x <sup>2</sup>				0.9052	

Letras maiúsculas iguais nas colunas representam ausência de diferença para a fonte lipídica. Letras minúsculas iguais nas colunas representam ausência de diferença para a inclusão de emulsificante ambas pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. <sup>1</sup> Erro padrão da média.

Observa-se efeito significativo na interação entre a utilização ou não de emulsificante na dieta e o período de armazenamento, para a variável gravidade específica (Tabela 6). O efeito de tempo de armazenamento quando há utilização do emulsificante apresentou uma equação quadrática positiva (onde a partir do 10<sup>o</sup> dia constatou-se menor valor de gravidade específica (1,068). Já nas dietas sem emulsificante, avaliando-se as equações obtidas, os ovos apresentaram uma redução da gravidade específica até o 15<sup>o</sup> dia, momento onde se estabilizou com uma gravidade de 1,069.

Os maiores pesos de ovos, gema e albúmen foram obtidos nas codornas alimentadas com as dietas formuladas a base de sebo bovino como fonte lipídica (Tabela 6), quando comparadas com aquelas nutridas com gordura de aves e óleo de soja.

Quanto aos períodos de armazenamento, o peso da gema apresentou uma equação linear positiva (Tabela 6), ou seja, com o passar do período de armazenamento as gemas vão ficando mais pesadas. Quando analisado o período de armazenamento, o peso do albúmen apresenta uma equação linear negativa (Tabela 6), ou seja, quanto mais tempo de armazenamento menor será o peso.

Houve efeito isolado de tempo de armazenamento sobre a porcentagem de gema (Tabela 5) o qual apresentou equação linear positiva, logo, com o passar do tempo a porcentagem de gema aumenta. O tempo de armazenamento também influenciou a porcentagem de casca e a porcentagem de albúmen, apresentando uma equação quadrática positiva e uma equação linear negativa (Tabela 6), respectivamente, o que demonstra que a gema e o albúmen interagem como passar do tempo de armazenamento, situação em que a porcentagem de casca no 5<sup>o</sup> dia apresentou o ponto mínimo com resultado de 8,315%, e a porcentagem de albúmen, com o passar do tempo apresentou uma queda, chegando ao 14<sup>o</sup> dia com 56,787%.

O peso do albúmen apresentou efeito isolado de fonte lipídica e inclusão de emulsificantes, em que nas aves que receberam o sebo bovino, ocorreu o maior peso, enquanto naquelas que receberam o óleo de soja, resultou em menor peso do albúmen. A adição do emulsificante na dieta apresentou maior peso de albúmen, comparado com a dieta sem a inclusão de emulsificante.

Em relação ao peso da casca, foi possível notar que codornas alimentadas com dietas a base de sebo bovino apresentaram maior peso desta variável, entretanto, a gordura de aves e o óleo de soja não proporcionaram diferenças significativas entre si.

Segundo Barbosa et al. (2009), ovos armazenados em ambientes com temperaturas elevadas e baixa umidade apresentam aceleração nas alterações bioquímicas, essas alterações promovem a liquefação do albúmen e a liberação do gás carbônico, que se difunde por meio dos poros da casca e se perde no ambiente (Rocha et al., 2013). Desta forma, ocorre a diminuição do peso e a porcentagem do albúmen, consequentemente aumentando o peso da gema, devido ao transporte de água do albúmen para dentro da gema, aumentando o seu tamanho de porcentagem.

Fatores estes justificados por Santos et al. (2021) que relatam que a medida em que o ar vai entrando pela casca dos ovos, inicia-se a degradação da albumina, que altera a consistência do albúmen e a integridade das chalazas, após, a gema se desloca e ocorre o rompimento da membrana vitelínica e altera sua composição, pois há entrada do líquido proveniente da degradação do albúmen para o interior da gema (Garcia et al., 2010).

Ribeiro et al. (2015), relatam que ao passar dos dias de armazenamento o aumento da gema ocorre devido à pressão osmótica entre o albúmen e a gema, que se acentua de forma progressiva, à medida que a água passa do albúmen para gema com o passar do tempo.

Garcia et al. (2015), observaram que o aumento do tamanho dos ovos está relacionado com a piora da qualidade da casca, contudo, neste trabalho, não foi verificado piora da qualidade de casca visto que a porcentagem de casca quando se utilizou dietas contendo sebo bovino foi maior quando comparadas com os demais tratamentos, sendo este tratamento o que apresentou maior peso dos ovos. Bregendahl (2006), ao utilizar óleo de soja em dietas de poedeiras, ingrediente este com altos teores de ácidos graxos livres, verificou que podem haver reações com alguns minerais, como cálcio, formando sabões, ou mesmo se forem insolúveis para as aves, podem tornar indisponíveis estes minerais, afetando a retenção, e reduzindo a qualidade de cascas, este fato pode explicar a redução no peso e porcentagem de casca que quando utilizado o óleo de soja como fonte lipídica nas dietas foi menor quando comprada com o sebo bovino.

A gravidade específica está correlacionada com a qualidade da casca (Araújo & Albino, 2011). Trabalhando com armazenamento de ovos, Santos et al. (2009) relataram que ovos armazenados por 21 dias, proporcionaram uma menor gravidade específica, quando comparados com ovos armazenados com 7 e 14 dias, isso ocorre porque os ovos, após a postura, tendem a perder água através da evaporação provocando aumento progressivo da câmara de ar e reduzindo a sua gravidade específica. Souza et al. (2019), relatam em seu estudo que a inclusão de goma de soja, como aditivo emulsificante apresentou uma menor gravidade específica, mesmo em tratamentos que receberam inclusões acima de 5%. Os resultados encontrados no presente estudo corroboram com os achados da literatura, nos quais, independente da inclusão de emulsificante há redução da gravidade específica inerente ao efeito do tempo de armazenamento.

Observando a tabela 7, o valor de  $a^*$  da calorimetria da gema apresentou interação entre a utilização de emulsificante e as fontes lipídicas, em que a dieta contendo gordura de aves com inclusão de emulsificante apresentou maior valor do que aquela sem inclusão. Para diferentes fontes lipídicas em relação à adição de emulsificante, a dieta composta por gordura de ave proporcionou maior resultado quando comparada com as dietas contendo as demais fontes lipídicas, enquanto na dieta composta por sebo bovino e sem emulsificante, ocorreu o maior resultado quando comparado com óleo de soja e gordura de aves.

Tabela 7. Variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem emulsificante na dieta em diferentes períodos de armazenamento.

Fontes de Variação	Variáveis					Variáveis			
	L <sup>3</sup>	a <sup>2</sup>	b <sup>4</sup>	Esp. Casca	Alt. Albumen	Alt. Gema	Diâm. Gema	UH	IG
Gordura de Aves	57.756	-2.599	39.504B	0.205	3.052	8.346	25.695	80.424	0.337
Sebo Bovino	57.53	-2.105	40.658A	0.204	3.115	8.330	25.849	79.959	0.336
Óleo de soja	57.59	-2.496	39.595AB	0.204	3.159	8.304	25.395	81.277	0.338
Emulsificante +	57.619	-2.472	39.715	0.203	3.118	8.346	25.688	80.390	0.338
Emulsificante -	57.638	-2.328	40.122	0.206	3.099	8.289	25.604	80.714	0.336
0	55.387	-2.392	35.365	0.207	3.558	9.912	22.411	83.922	0.445
7	58.115	-2.490	39.025	0.207	2.927	8.597	24.920	79.446	0.346
14	59.383	-2.319	45.367	0.206	2.841	6.471	29.609	78.291	0.220
Probabilidades									
Armaz	<0.0001	0.2116	<0.0001	0.9721	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fonte	0.5912	<0.0001	0.0091	0.1985	0.3206	0.8516	0.0902	0.2763	0.8210

1									
Emulsificante	0.9216	0.0700	0.4718	0.8791	0.7571	0.2167	0.6226	0.6368	0.7106
Fon*Arm	0.1676	0.7224	0.7743	0.9271	0.4336	0.6520	0.6293	0.7585	0.9321
Emu*Arm	0.5759	0.3590	0.2916	0.5237	0.0560	0.7902	0.7828	0.8122	0.5857
Emu*Fon	0.2392	0.0002	0.1877	0.3932	0.1767	0.0686	0.4247	0.2336	0.1627
Arm*Emu*Fon	0.6476	0.8704	0.6234	0.3305	0.7234	0.8521	0.6754	0.3943	0.6915
EPM <sup>1</sup>	0.163	0.044	0.3770	0.0001	0.038	0.115	0.249	0.384	0.007
Regressões polinomiais									
Variável	P-Valor	Efeito	Equações				r <sup>2</sup>		
L	<0.0001	Linear	y=55.627+0.2864x				0.6254		
b	0.0011	Quad	y=35.352+0.334x+0.0272x <sup>2</sup>				0.751		
Altura Albúmen	<0.0001	Quad	y=3.558-0.128x+0.005x <sup>2</sup>				0.4288		
Altura Gema	<0.0001	Quad	y=9.910-0.129x-0.008x <sup>2</sup>				0.9352		
Diâmetro gema	<0.0001	Quad	y=22.410+0.202y+0.022x <sup>2</sup>				0.8871		
Unidade Haugh	0.0210	Quad	y=83.922-0.876x+0.033x <sup>2</sup>				0.2475		
Índice Gema	0.0001	Quad	y=0.445-0.012x-0.0002x <sup>2</sup>				0.959		
Desdobramento									
		Emulsificante	GA	Sebo bovino	Soja				
a		Com	-2.189Aa	-2.262Ab	-2.337Ab				
		Sem	-2.38Bb	-1.949Aa	-2.655Ab				

Letras maiúsculas iguais nas colunas representam ausência de diferença para a fonte lipídica. Letras minúsculas iguais nas colunas representam ausência de diferença para a inclusão de emulsificante ambas pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. <sup>1</sup> Erro padrão da média; <sup>2</sup>variando do vermelho (+a\*) ao verde (-a\*);<sup>3</sup> variando do branco (L = 100) ao preto (L = 0);<sup>4</sup> variando do amarelo (+b\*) ao azul (-b\*).

Para o valor de L\*, houve efeito isolado do tempo de armazenamento (Tabela 7) apresentando uma equação linear positiva, demonstrando que ao passar dos dias as gemas ficaram mais claras

A altura do albúmen, o diâmetro da gema e a unidade de Haugh foram influenciadas apenas pelo tempo de armazenamento (Tabela 7) apresentando um comportamento quadrático positivo.

Na colorimetria, o valor de b\*, quanto à fonte de gordura (Tabela 7), teve o maior resultado para sebo bovino, enquanto a coloração b\* das gemas dos ovos das aves alimentadas com a dieta contendo gordura de ave tiveram o pior resultado. Já para o tempo de armazenamento, foi encontrada uma equação quadrática positiva, onde ao 6º dia apresentou ponto mínimo de 38,33 refletância.

A espessura de casca (Tabela 7) não foi influenciada pelas dietas e tempo de armazenamento e interação entre essas variáveis.

As colorações da gema são afetadas conforme a oxidação dos alimentos onde destroem as vitaminas, ácidos graxos essenciais, proteínas e pigmentos, diminuindo os teores de luminosos ao decorrer dos dias (Oliveira Martins & da Costa Santos., 2011). Além disso, a refrigeração mantém a estabilidade da coloração dos ovos

durante o armazenamento e impede que as reações químicas efetuem a desnaturação físico-químicas dos ovos, conseqüentemente mudando a qualidade do ovo, na presente pesquisa os ovos foram armazenados em temperatura ambiente natural aumentando a degradação dos pigmentos (Giampietro-Ganeco et al. (2012) e de Viana et al. (2017)

A redução nos parâmetros de altura de albúmen, gema e aumento no diâmetro de gema estão relacionadas a permeabilidade da membrana onde ocorre a absorção de parte da água do albúmen para a gema, conseqüentemente mudando seu formato original. Resultados encontrados por Seibel (2005), afirmam que ocorre a troca devido o movimento osmótico da água do albúmen migrando para a gema, tornando com aspecto achatado e maior. Ramos et al. (2008) verificaram alteração na altura do albúmen, onde foi afetado negativamente com o aumento da idade das aves poedeiras. Pombo et al. (2006), relatam que o tempo de armazenamento em temperatura ambiente, modifica a altura da clara densa de ovos de codornas, esta redução fica mais evidenciada quando comparada com ovos refrigerados, pois há uma tendência de a água do albúmen migrar em direção a gema, afetando sua altura. Em relação ao índice de gema Piccinin et al. (2005), avaliando a qualidade de ovos de codornas japonesas, relataram a ocorrência de uma redução constante neste índice, proveniente do armazenamento em temperatura ambiente, que passaram de 0,47, no dia zero para 0,12 no 27º dia e ovos armazenados em temperatura refrigerada apresentaram queda menos acentuada.

Ao passar dos dias de armazenamento Santos et al. (2021), relatam que a permeabilidade da membrana vitelínica, facilita a troca de água do albúmen para a gema, interferindo diretamente no formato original da gema onde seu formato passa de esférico para elíptico com o passar do tempo e assim interferindo no menor índice de gema e menor altura.

Valores reduzidos na unidade Haugh, estão relacionados à menor qualidade dos ovos, pois esta redução é inevitável. Ao passar dos dias de armazenamento o ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ), componente do sistema tampão do albúmen, dissocia-se e conseqüentemente formam água e gás carbônico (Fiúzza et al., 2006). Segundo Garcia et al. (2015), existem perdas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e umidade para o ambiente através da porosidade da casca, onde eleva-se o pH do albúmen e acontece a hidrolização dos aminoácidos presentes no sistema proteico.

Com relação ao teor de ácidos graxos da gema dos ovos (Tabela 8), houve interação significativa para o ácido palmítico (C16:0), bem como para a presença ou não de emulsificante nas rações com a fonte e redução da energia e adição de emulsificante a dieta. As dietas contendo gordura de aves proporcionaram a menor deposição de ácido palmítico (C16:0) nas gemas.

Tabela 8. Ácidos graxos da gema dos ovos das codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem emulsificante na dieta em diferentes dias de armazenamento 0, 7 e 14 dias.

Variável	Emulsificante (E)	Fonte (F)			Média	EPM <sup>1</sup>	Probabilidades		
		Soja	Sebo	Gordura Aves			Fonte	Emuls+Energia reduzida <sup>10</sup>	E*F
C16:0 <sup>2</sup>	Com	25.995Ba	26.250Aa	26.278Aa	26,125	0,091	0,2971	0,0246	0,0020
	Sem	26.973Aa	26.461Aab	25.995Ab	26,476				
	Média	26,410	26,355	26,136	26,3				
C16:1 <sup>3</sup>	Com	1,586	1,568	1,591	1,582	0,004	0,6385	0,4879	0,1732
	Sem	1,575	1,600	1,591	1,588				
	Média	1,580	1,584	1,591	1,585				
C18:0 <sup>4</sup>	Com	9,27	10,231	9,22	9,573	0,079	<0.000 <sub>1</sub>	0,2578	0,8647
	Sem	9,305	10,242	9,263	9,603				
	Média	9,287b	10,236a	9,241b	9,588				
C18:1W9 <sup>5</sup>	Com	44,008	44,078	45,506	44,531	0,127	<0.000 <sub>1</sub>	0,4218	0,1608
	Sem	44,316	43,811	45,07	44,399				
	Média	44,162b	43,945b	45,288a	44,465				
C18:2W6 <sup>6</sup>	Com	14,553	13,511	13,576	13,88	0,366	0,9954	0,3312	0,4112
	Sem	12,356	13,548	13,491	13,132				
	Média	13,455	13,53	13,534	13,506				
C18:3W3 <sup>7</sup>	Com	0,176	0,18	0,168	0,175	0,001	0,008	0,2575	0,2521
	Sem	0,168	0,178	0,17	0,172				
	Média	0,172ab	0,179a	0,169b	0,173				
C20:4W6 <sup>8</sup>	Com	0,193	0,196	0,195	0,195	0,001	0,7123	0,0867	0,9522
	Sem	0,190	0,191	0,190	0,190				
	Média	0,191	0,194	0,192	0,192				
C22:6W3 <sup>9</sup>	Com	0,205	0,205	0,21	0,206	0,001	0,5287	0,4517	0,6924
	Sem	0,2	0,206	0,205	0,203				
	Média	0,202	0,205	0,207	0,204				
TOTAL	Com	95.840Bb	96.221Aab	96.785Aa	96,282	0,113	0,2671	0,0911	<0.000 <sub>1</sub>
	Sem	97.351Aa	96.343Ab	95.976Ab	96,557				
	Média	96,595	96,282	96,38	96,419				

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. <sup>1</sup>Erro médio padrão; <sup>2</sup>Ácido palmítico; <sup>3</sup>Ácido palmitoléico; <sup>4</sup>Ácido esteárico; <sup>5</sup>Ácido oleico (ômega-9); <sup>6</sup>Ácido linoleico (ômega-6); <sup>7</sup>Ácido  $\alpha$ -linolênico (ômega-3); <sup>8</sup>Ácido araquidônico; <sup>9</sup>Ácido docosahexaenóico.

Para a quantidade total de ácidos graxos houve interação entre a fonte e os lipídeos. Com a inclusão de emulsificante, a dieta composta por gordura de aves proporcionou os maiores valores totais de ácidos graxos às gemas, enquanto que as codornas que receberam o óleo de soja, obtiveram os menores valores totais. O maior valor de ácidos graxos totais foi obtido para as gemas que receberam a dieta contendo óleo de soja e sem a inclusão do aditivo.

Para o ácido esteárico (C18:0), houve efeito isolado das fontes lipídicas, o sebo bovino proporcionou maior quantidade desse ácido graxo quando comparadas com as demais fontes, que não diferiram entre si.

O ácido oleico (C18:1w9), apresentou efeito isolado das fontes lipídicas, sendo que nas aves que receberam a gordura de aves, houve maior concentração de ômega-9 na gema de ovos.

Em relação ao ácido  $\alpha$ -linolênico (C18:3w3), houve efeito isolado das fontes lipídicas, em que nas gemas dos ovos das codornas que receberam o sebo bovino ocorreu maior concentração quando comparada com as gemas das aves nutridas com gordura de aves como fonte lipídica. Oliveira et al. (2010), relatam que a qualidade e quantidade de ácidos graxos presentes na gema de ovos são modificadas de acordo com as fontes lipídicas presentes nas dietas formuladas para galinhas, mas também deve levar em consideração a raça e a idade das poedeiras que podem acarretar nessa alteração das gemas. Neste sentido, se observarmos os perfis lipídicos das dietas, podemos evidenciar a sua influência sobre o perfil lipídico das gemas em que as fontes de origem animal proporcionaram maior percentual de ácidos graxos de cadeia longa e insaturados.

Mazalli et al. (2004), explicam que óleos vegetais adicionados em dietas de aves de postura diminuem a quantidade de C18:1 nas gemas. Isso em decorrência de que o ácido graxo C18:1 é um precursor dos ácidos graxos n-3 e n-6 (ácido linolênico e linoleico) (Oliveira et al., 2010).

De acordo com Renner & Hill, (1961), gorduras animais como o sebo bovino possuem grande quantidade de ácidos graxos saturados de cadeia longa como: ácido palmítico e esteárico, similar aos achados na presente pesquisa, onde as gemas dos ovos de codornas alimentadas com sebo bovino apresentaram altos teores de palmítico e esteárico.

Em relação ao ácido oleico (C18:1), Oliveira et al. (2010), relatam que galinhas poedeiras alimentadas com dieta controle sem inclusão de óleo obtiveram maiores

porcentagens encontradas nas gemas, em relação a galinhas alimentadas com óleo vegetal, assemelhando-se aos resultados encontrados na presente pesquisa, onde a utilização de óleo de soja foi menor quando comprada com dietas a base de gordura de aves.

Mandarino et al. (1992), avaliaram diversas fontes lipídicas como: óleo de soja, girassol, milho e coco, nas dietas de galinhas poedeiras, apresentando maiores concentrações de ácidos graxos polinsaturados, que estão relacionados a produção de ovos enriquecidos, assim como na presente pesquisa, foi possível incrementar a concentração de polinsaturados principalmente  $\alpha$ -linolênico (C18:3w3) ômega-3 quando utilizadas dietas com adição de sebo bovino.

## **5 Conclusões**

É possível utilizar fontes de lipídeos alternativas como o sebo bovino e a gordura de aves como substitutos ao óleo de soja com adição de emulsificantes em dietas de codornas de postura sem que haja prejuízos ao desempenho e a qualidade dos ovos. O emulsificante foi capaz de disponibilizar energia para o metabolismo das aves, porém a recomendação da redução de 96kcal/kg proposta pelo fabricante do emulsificante demonstrou ser elevada quando considerados os seus efeitos sobre o consumo e conversão alimentar, o que sugere que estratégias mais conservadoras devam ser utilizadas. O tempo de armazenamento é fator determinante na redução da qualidade de ovos independente da composição das dietas. É possível modular o perfil lipídico de gemas de ovos de codornas japonesas a partir da inclusão de diferentes fontes lipídicas as suas dietas independentemente da utilização de emulsificantes.

## **6 Referências**

Alleoni ACC, & Antunes AJ. Haugh unit as a measure of the quality of hen eggs stored under refrigeration. *Scientia Agricola* 2001; 58: 4: 681-685.

ARAÚJO WAG, ALBINO LFT. Comercial Incubation. *Transworld Research Network* 2011: 105-138.

Araujo RGAC, do Valle Polycarpo G, Laurentiz AC, Amaral VHA, Giacomini PV, de Lima GA, ... Cruz-Polycarpo VC. Apparent metabolizable energy values of n-6 and n-3 rich lipid sources for laying hens. *Canadian Journal of Animal Science* 2018; 1–6.

Barbosa NAA, Sakomura NK, Mendonça, MDO, Freitas ER, & Fernandes JBK. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. *Ars Veterinaria* 2009; 24: 2: 127-133.

Barreto SLT, Quirino BJS, Brito CO, Umigi RT, Araujo MS, Coimbara JSR, Rojas EEG, Freitas JF, Reis RS, Níveis de energia metabolizável para codornas japonesas na fase inicial de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2007; 36: 79-85.

Bertechini AG, Fialho ET, Fassani EJ, Pereira CR. Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Desempenho e teores de minerais na cama. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2006; 35: 840-848.

Bertipaglia LA, Sakamoto MI, Bertipaglia LMA, & Melo GMPD. Fontes lipídicas em dietas para codornas japonesas produtoras de ovos: desempenho e qualidade dos ovos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 2016; 38: 281-284.

Bible BB, Singha S. Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color. *HortScience* 1993; 28: 10: 992-993.

Bligh E. Graham, Dyer W. Justin. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian journal of biochemistry and physiology*, 1959, 37.8: 911-917.

Bragg DB, Sim JS, Hodgson GC. Influence of dietary energy source on performance and fatty liver syndrome in white leghorn laying hens. *Poultry Science* 1973; 52: 736-740.

Bregendahl K. Free fatty acids in diet for laying hens. Iowa: Department of Animal Science, 2006.

Carvalho FB, Stringhini JH, Jardim Filho RM. et al. Qualidade interna e da casca para ovos de poedeiras comerciais de diferentes linhagens e idades. *Cienc. Anim. Bras* 2009; 8: 25-29.

Cordeiro MD, Soares RTRN, Avila RP, et al. Níveis de energia metabolizável para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase inicial de postura. Reunião anual da sociedade brasileira de Zootecnia, Santa Maria. Anais... Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003: 40.

Dalla Costa FA, de Castro Tavernari F, Dalla Costa OA, de Castro FF, & Remus A. Enriquecimento com ácidos graxos da série ômega 3 em carne de aves e ovos. *Pubvet* 2016; 11: 103-206.

da Costa Viana B, Gomes FA, da Silva RF, & de Freitas HJ. Qualidade de ovos produzidos e submetidos à diferentes condições de armazenamento na Amazônia Ocidental, Acre-Brasil. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR* 2017: 20: 4.

Fiuzza MA, Lara LJC, Aguilar CAL, Ribeiro BRC, & Baiao NC. Effect on time between oviposition and the beginning of cool storage on hatchability of broiler breeder eggs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 2006; 58: 408-413.

Garcia ER, de M, Alves MCF, Cruz FK, Conti ACM, Batista NR, Barbosa Filho JA. Qualidade interna de ovos: efeito do armazenamento, linhagem e idade da poedeira. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* 2015; 5: 101-109.

Garcia ERDM, Orlandi CCO, de Oliveira CAL, da Cruz FK, dos Santos TMB, & Otutumi LK. Qualidade de ovos de poedeiras semipesadas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 2010; 11: 2.

Giampietro-Ganeco A, Scatolini-Silva AM, Borba H, Boiago MM, Lima TMA, & Souza PA. Comparative study of quality characteristics of egg stored in domestic

refrigerators/Estudo comparativo das características qualitativas de ovos armazenados em refrigeradores domésticos. *Ars Veterinaria* 2012; 28: 2: 100-104.

Grobas S, Méndez J, Lázaro R, DE Blas C, Mateos GG. Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. *Poultry Science* 2001; 80: 1171-1179.

Grobas S, Méndez J, DE Blas, C, Mateos GG. Laying hen productivity as affected by energy, supplemental fat, and linoleic acid concentration of the diet. *Poultry Science* 1999; 78: 1542-1551.

Guido L S, Bavaresco C, Castro JNP, Cegalla CC, Xavier EG, Roll VFB. Efeito da lecitina em dietas contendo óleo ácido e degomado de soja sobre o desempenho produtivo de codornas. Pelotas, Anais... Semana Integrada de Ensino/Pesquisa e Extensão, UFPeL 2015: 1- 4.

Harder MNC, Canniatti-Brazaca SG, Arthur V. Avaliação quantitativa por colorímetro digital da cor do ovo de galinhas poedeiras alimentadas com urucum (*Bixa orellana*). *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias* 2007; 102: 339-342.

Hulan HW, & Proudfoot FG. The effect of different dietary protein levels in a three stage diet system on general performance of chickens reared to roaster weight. *Poultry Science* 1981; 60:1: 172-178.

Lopes IRV, Freitas ER, Lima JR, Viana Neto JL, Bezerra RM, Lima RC. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo farelo de coco tratado ou não com antioxidante. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2011; 40: 2431-2438.

Maia EL, Rodriguez-Amaya DB. Avaliação de um método simples e econômico para a metilação de ácidos graxos com lipídios de diversas espécies de peixes. *Revista do Instituto Adolfo Lutz, São Paulo* 1993; 53: 1/2: 27-35.

Mandarino JMG. Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol. Londrina: EMBRAPA, CNPSO 1992: 52: 25.

Martins RA, Assunção ASA, Lima HJD, Martins ACS, & Souza LAZ. Óleo de soja e sebo bovino na ração de poedeiras semipesadas criadas em regiões de clima quente. B. Indústr. Anim 2017; 51-57.

Matterson LD, Potter LM, Stutz MW, & Singsen EP. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens 1965: 7.

Mazalli MR, Faria D, Salvador D, & Ito DT. A comparison of the feeding value of different sources of fat for laying hens: 2. Lipid, cholesterol, and vitamin E profiles of egg yolk. Journal of Applied Poultry Research 2004; 13: 2: 280-290.

Morris TR. Nutrition of chicks and layers. World's Poultry Science Association 2004; 60: 5-12.

Noble RC. Egg lipids. In: Wells R.G, Blyavin C.G. Egg quality-current problems and recent advances. London: Butterworths, p.159-177, 1987.

Oliveira DD, et al. Fontes de lipídios na dieta de poedeiras; desempenho produtivo e qualidade dos ovos Lipids sources on layer hen diet; performance and egg quality. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 2010; 62: 3: 718-724.

Oliveira ENA, Martins JN, & da Costa Santos D. Avaliação física de ovos comerciais de diferentes espécies de aves. Revista Acadêmica Ciência Animal 2011; 9: 4: 415-423.

Osawa, C. C., Gonçalves, L. A., & Ragazzi, S. Potentiometric titration applied to free fatty acid determination of edible oils and fats. Química Nova 2006; 29: 593-599.

Pens AMJ, Kessler AM, & Brugali I. Novos conceitos de energia para aves. Simpósio Internacional sobre Nutrição de Aves, Anais... Campinas: FACTA 1999: 1-24.

Piccinin A, Van Onselen VJ, Malhado CHM, Pavan AC, de Pontes Silva A, Gimenez JN, ... & Garcia EA. Técnicas de conservação da qualidade de ovos de codornas (*Coturnix japonica*). *Revista Científica de Produção Animal* 2005; 7: 2.

POMBO CR. Efeito do tratamento térmico de ovos inteiros na perda de peso e características de qualidade interna. Rio de Janeiro, [dissertação de mestrado em Veterinária]. Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense 2003: 74.

Pumrojana P, Terapuntuwat S, Pakdee P. Influence of fatty acid composition of soybean oil vs. Beef tallow on egg yolk fatty acid profiles of laying hens. *Pakistan Journal of Nutrition* 2015; 14: 383-387.

Rabello CBV, Sakomura NK, Longo FA, Resende KTD, & Couto HP. Equação de predição da exigência de proteína bruta para aves reprodutoras pesadas na fase de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2002; 31: 3: 1204-1213.

Ramos KCBT, Flor HR, Camargo AM, et al. Aspectos qualitativos de ovos comerciais armazenados em diferentes embalagens. ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS GRADUAÇÃO. São Carlos, SP. Anais... São Carlos, SP, 2008: 1-4.

Renner R, & Hill FW. Factors affecting the absorbability of saturated fatty acids in the chick. *The Journal of Nutrition* 1961; 74: 3: 254-258.

Ribeiro CL, Barreto SL, Reis RS, Muniz JC, Viana GS, Mendonça MO, ... & Mencialha R. Utilização de farinha de casca de ovos em dietas para codornizes japonesas na fase de 11 a 25 semanas de idade. *Revista de Ciências Agrárias* 2015; 38: 1: 11-17.

Rocha JSR, Barbosa VM, Lara LJC, Baião NC, Cançado SV, Lana AMQ, ... & Mendes, PMM. The effect of storage and dietary canthaxanthin on fertile egg quality and embryonic development. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 2013; 65: 3: 792-800.

Roll AA, Forgiarini J, Xavier EG, Lopes DC, Roll VF, & Rutz F. Replacing soybean oil with increasing levels of soybean acid oil in diets of coturnix quails (*Coturnix coturnix coturnix*) and the effects on egg quality. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 2017; 90: 529-539.

ROY Amitava et al. Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens. *Veterinary medicine international* 2010; 2010.

Santos ALS, Gomes AVC, Pessoa MF. et al. Composição química e valores energéticos de fontes proteicas em codornas de corte em diferentes idades. *Revista Ciência Rural* 2006; 36: 3: 930-935.

Santos, MDSVD, Espindola, GB, Lôbo, RNB, Freitas, ER, Guerra, JLL, & Santos, ABE. Efeito da temperatura e armazenamento dos ovos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 2009; 29: 3: 513-517.

Santos M, Espíndola GB, Lôbo RNB, Fuentes M, de Carvalho LE, & Santos, ABE. Desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais submetidas a dietas com diferentes óleos vegetais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 2009; 10: 3: 654-667.

Santos VL, Rodrigues TA, Anciuti MA, & Rutz F. Ácidos graxos poli-insaturados na dieta de poedeiras: impactos sobre a qualidade dos ovos e saúde humana. *Medicina Veterinária (UFRPE)* 2019; 13: 3: 406-415.

Santos WD, Garcia RG, Eberhart BDS, Valentim JK, Serpa FC, Burbarelli MFDC, ... & Souza MFDA. Influence of homeopathy on the quality of eggs of quails stored. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 2021; 43.

Sakamoto MI, Murakami AE, Souza LMG, et al. Valor energético de alguns alimentos alternativos para codornas japonesas. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2006; 35: 818-821.

Seibel NF, & Schoffen DB, Queiroz MI, & Souza-Soares LD. Caracterização sensorial de ovos de codornas alimentadas com dietas modificadas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 2005; 30: 4: 884-889.

Silva DJ, Queiroz AC. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3ª edição. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002: 235.

Souza RPDP, Laurentiz ACD, Faria GA, Filardi RDS, & Mello ÉDS. Use of soybean gum as an emulsifier in diets for commercial laying hens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 2019; 54.

USDA - U.S. Department of Agriculture. *Egg-Grading Manual*. Washington, DC, 2000.

Valentim JK, et al. Aditivos emulsificantes em dietas de aves de produção. *Research, Society and Development* 2020; 9: 3: e176932567-e176932567.

Whitehead CC, Bowman AS, GriffiN HD. Regulation of plasma oestrogen by dietary fats in the laying hen: relationships with egg weight. *British Poultry Science* 1993; 34: 999-1010.

Zampiga M, Meluzzi A, Sirri F. Effect of dietary supplementation of lysophospholipids on productive performance, nutrient digestibility and carcass quality traits of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science* 2016; 15: 3: 521-528.